

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-304854

(43)Date of publication of application : 02.11.2000

(51)Int.Cl. G01S 13/72  
G01S 5/12  
G01S 13/46

(21)Application number : 11-118308 (71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 26.04.1999 (72)Inventor : ITO MASAYOSHI  
TSUJIMICHI SHINGO  
KOSUGE YOSHIO

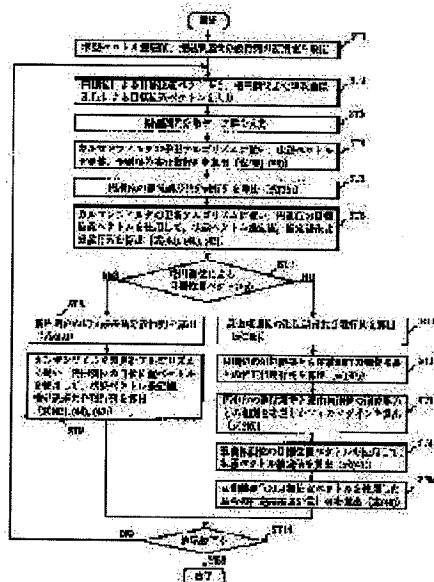
## (54) TARGET TRACKING METHOD DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve tracking precision by using filter algorism capable of calculating optimum estimation values for a target position and a speed in consideration of error correlation between the position measurement information and that from a mono-static radar station.

**SOLUTION:** When a condition vector estimation value is updated while using both results from circular position measurement and elliptic/hyperbolic position measurement, observation information based on a mono-static radar station and that based on a bi-static receiving station are taken together into an estimation value. Therefore, tracking precision can be improved.

Especially, even if a result of the hyperbolic position measurement is used as the information of the bi-static receiving station, an optimum estimation value considering influence due to a mutual correlation between an error of the circular position measurement result and that of the hyperbolic position measurement result can be computed when algorism is used, so that precision improving effect based on fusion of the information from the both stations can be increased further.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-304854  
(P2000-304854A)

(43) 公開日 平成12年11月2日 (2000. 11. 2)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	サーチコード* (参考)
G 0 1 S 13/72		G 0 1 S 13/72	5 J 0 6 2
5/12		5/12	5 J 0 7 0
13/46		13/46	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願平11-118308

(22) 出願日 平成11年4月26日 (1999. 4. 26)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 系 正義

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72) 発明者 辻道 信吾

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(74) 代理人 100082175

弁理士 高田 守 (外1名)

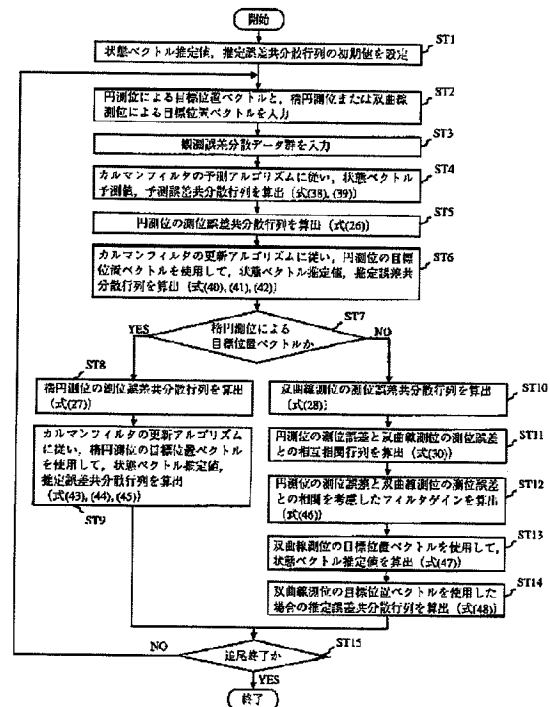
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 目標追尾方法及び目標追尾装置

(57) 【要約】

【課題】 モノスタティック・レーダ局とバイスタティック受信局からの2つの測位情報を融合しながら目標の追尾処理を行う際の、両局からの測位情報の誤差の相互相関を考慮して、追尾精度の向上を図る目標追尾方法を得ること。

【解決手段】 モノスタティック・レーダ局からの円周軌跡上での測位結果の誤差と、バイスタティック受信局からの双曲線軌跡上での測位結果の誤差との相互相関を考慮して、推定値の2乗平均が最小化される最適な状態ベクトル推定値を算出するためのフィルタゲイン行列を算出し、上記フィルタゲイン行列と上記双曲線軌跡上での測位結果を用いて、状態ベクトル推定値を更新する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 モノスタティック・レーダ局と、このモノスタティック・レーダ局から離隔して設置され、モノスタティック・レーダ送信波の目標からの反射波を受信するバイスタティック受信局の、両局による目標の測位結果を用いて目標追尾処理を行う目標追尾方法において、

上記目標の位置、速度等の運動諸元で構成される状態ベクトルの推定値および推定誤差共分散行列の初期値を設定し、以降、各サンプリング時刻において、

上記モノスタティック・レーダ局による円周軌跡上での測位結果と、上記バイスタティック受信局による、バイスタティック受信波と送信波との時間差の計測結果に基づく楕円軌跡上での測位結果、あるいは、バイスタティック受信波とモノスタティック・レーダ局での受信波との到来時間差の計測結果に基づく双曲線軌跡上での測位結果のいずれかを入力し、

上記モノスタティック・レーダ局および上記バイスタティック受信局における距離、角度の観測諸元に係わる観測誤差分散のデータ群を入力し、

カルマンフィルタの予測アルゴリズムを用いて、上記状態ベクトルの予測値と予測誤差共分散行列を算出し、上記円周軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列を算出し、

上記円周軌跡上での測位結果を用い、カルマンフィルタの更新アルゴリズムに基づいて、状態ベクトル推定値および推定誤差共分散行列を算出し、

上記バイスタティック受信局での測位結果として、上記楕円軌跡上での測位結果を入力した場合には、上記楕円軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列を算出し、上記楕円軌跡上での測位結果を用い、カルマンフィルタの更新アルゴリズムに基づいて、上記状態ベクトル推定値および推定誤差共分散行列を更新し、

一方、上記バイスタティック受信局での測位結果として、上記双曲線軌跡上での測位結果を入力した場合には、上記双曲線軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列を算出し、

上記円周軌跡上での測位結果の誤差と上記双曲線軌跡上での測位結果の誤差との相互相関行列を算出し、

上記円周軌跡上での測位結果の誤差と上記双曲線軌跡上での測位結果の誤差との相互相関を考慮して、推定誤差の 2 乗平均が最小化される最適な状態ベクトル推定値を算出するためのフィルタゲイン行列を算出し、

上記フィルタゲイン行列と上記双曲線軌跡上での測位結果を用いて、状態ベクトル推定値を更新し、

上記双曲線軌跡上での測位結果を用いて更新した状態ベクトル推定値の推定誤差共分散行列を算出し、

上記各サンプリング時刻における一連の処理を追尾終了まで繰り返すことを特徴とする目標追尾方法。

【請求項 2】 モノスタティック・レーダ局と、このモノ

ノスタティック・レーダ局から離隔して設置され、モノスタティック・レーダ送信波の目標からの反射波を受信するバイスタティック受信局の、両局による目標の測位結果を用いて目標追尾処理を行う目標追尾装置において、

上記目標の位置、速度等の運動諸元で構成される状態ベクトルの推定値を格納保持する推定値用メモリと、サンプリング間隔分の上記状態ベクトルの予測を行う予測処理手段と、

10 上記状態ベクトル予測値または上記状態ベクトル推定値に基づく目標位置と上記モノスタティック・レーダ局または上記バイスタティック受信局からの測位結果に基づく目標位置との残差を算出する残差算出手段と、

上記状態ベクトル予測値または上記状態ベクトル推定値と、上記残差およびフィルタゲイン行列とを用いて、上記状態ベクトルの更新を行う更新処理手段と、

上記状態ベクトル推定値の推定誤差共分散行列を格納保持する推定誤差共分散行列用メモリと、

20 上記状態ベクトル予測値の予測誤差共分散行列を算出する予測誤差共分散行列算出手段と、

上記モノスタティック・レーダ局および上記バイスタティック受信局の測距、測角誤差の分散の設定値に基づいて、上記モノスタティック・レーダ局による測位結果の測位誤差共分散行列と、上記バイスタティック受信局による、バイスタティック受信波と送信波との時間差の計測結果に基づく楕円軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列と、上記バイスタティック受信局での受信波とモノスタティック・レーダ局での受信波との到来時間差の計測結果に基づく双曲線軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列とを算出する測位誤差共分散行列算出手段と、

30 上記モノスタティック・レーダ局および上記バイスタティック受信局の測距、測角誤差の分散の設定値に基づいて、上記モノスタティック・レーダ局による測位誤差と上記バイスタティック受信局による上記双曲線軌跡上での測位誤差との相互相関行列を算出する測位誤差相互相関行列算出手段と、

カルマンフィルタのゲイン行列を算出する第 1 のゲイン行列算出手段と、

40 カルマンフィルタの更新アルゴリズムで更新を行った場合の推定誤差共分散行列を算出する第 1 の推定誤差共分散行列算出手段と、

上記相互相関行列を用いて、推定誤差の 2 乗平均が最小化される最適な状態ベクトル推定値を算出するためのフィルタゲイン行列を算出する第 2 のゲイン行列算出手段と、

このゲイン行列を用いて更新を行った場合の推定誤差共分散行列を算出する第 2 の推定誤差共分散行列算出手段と、を具備することを特徴とする目標追尾装置。

50 【請求項 3】 モノスタティック・レーダ局と、このモノ

ノスタティック・レーダ局から離隔して設置され、モノスタティック・レーダ送信波の目標からの反射波を受信するバイスタティック受信局の、両局による目標の測位結果を用いて目標追尾処理を行う目標追尾方法において、

上記目標の位置、速度等の運動諸元で構成される状態ベクトルの推定値および推定誤差共分散行列の初期値を設定し、以降、各サンプリング時刻において、

上記モノスタティック・レーダ局による円周軌跡上での測位結果と、上記バイスタティック受信局による、バイスタティック受信波と送信波との時間差の計測結果に基づく楕円軌跡上での測位結果と、バイスタティック受信波とモノスタティック・レーダ局での受信波との到来時間差の計測結果に基づく双曲線軌跡上での測位結果とを入力し、

上記モノスタティック・レーダ局および上記バイスタティック受信局における距離、角度の観測諸元に係わる観測誤差分散のデータ群を入力し、

カルマンフィルタの予測アルゴリズムを用いて、状態ベクトルの予測値と予測誤差共分散行列を算出し、

上記円周軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列を算出し、

上記円周軌跡上での測位結果を用い、カルマンフィルタの更新アルゴリズムに基づいて、状態ベクトル推定値および推定誤差共分散行列を算出し、

上記楕円軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列を算出し、

上記双曲線軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列を算出し、

上記円周軌跡上での測位結果の誤差と上記双曲線軌跡上での測位結果の誤差との相互相関行列を算出し、

上記楕円軌跡上での測位結果を用いて上記状態ベクトル推定値を更新した場合の、推定誤差共分散行列を算出し、

上記円周軌跡上での測位結果の誤差と上記双曲線軌跡上での測位結果の誤差との相互相関を考慮して、推定誤差の2乗平均が最小化される最適な状態ベクトル推定値を算出するためのフィルタゲイン行列を算出し、

上記フィルタゲイン行列と上記双曲線軌跡上での測位結果を用いて、状態ベクトル推定値を更新した場合の推定誤差共分散行列を算出し、

上記楕円軌跡上での測位結果を用いて上記状態ベクトル推定値を更新した場合の、推定誤差共分散行列の評価値を算出し、

上記フィルタゲイン行列と上記双曲線軌跡上での測位結果を用いて、状態ベクトル推定値を更新した場合の推定誤差共分散行列の評価値を算出し、

上記算出した二つの評価値の大小を判定し、上記判定の結果、上記楕円軌跡上での測位結果を用いて上記状態ベクトル推定値を更新した場合の、推定誤差共分散行列の

評価値の方が小さい場合には、上記楕円軌跡上での測位結果を用いて上記状態ベクトル推定値を更新し、

上記判定の結果、上記双曲線軌跡上での測位結果を用いて上記状態ベクトル推定値を更新した場合の、推定誤差共分散行列の評価値の方が小さい場合には、上記フィルタゲイン行列と上記双曲線軌跡上での測位結果を用いて上記状態ベクトル推定値を更新し、

上記各サンプリング時刻における一連の処理を追尾終了まで繰り返すことを特徴とする目標追尾方法。

【請求項4】 モノスタティック・レーダ局と、このモノスタティック・レーダ局から離隔して設置され、モノスタティック・レーダ送信波の目標からの反射波を受信するバイスタティック受信局の、両局による目標の測位結果を用いて目標追尾処理を行う目標追尾装置において、

上記目標の位置、速度等の運動諸元で構成される状態ベクトルの推定値を格納保持する推定値用メモリと、

サンプリング間隔分の上記状態ベクトルの予測を行う予測処理手段と、

上記状態ベクトル予測値または上記状態ベクトル推定値に基づく目標位置と上記モノスタティック・レーダ局または上記バイスタティック受信局からの測位結果に基づく目標位置との残差を算出する残差算出手段と、

上記状態ベクトル予測値または上記状態ベクトル推定値と、上記残差およびフィルタゲイン行列を用いて、上記状態ベクトルの更新を行う更新処理手段と、

上記状態ベクトル推定値の推定誤差共分散行列を格納保持する推定誤差共分散行列用メモリと、

上記状態ベクトル予測値の予測誤差共分散行列を算出する予測誤差共分散行列算出手段と、

上記モノスタティック・レーダ局および上記バイスタティック受信局の測距、測角誤差の分散の設定値に基づいて、上記モノスタティック・レーダ局による測位結果の測位誤差共分散行列と、上記バイスタティック受信局による、バイスタティック受信波と送信波との時間差の計測結果に基づく楕円軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列と、上記バイスタティック受信局での受信波と上記モノスタティック・レーダ局での受信波との到来時間差の計測結果に基づく双曲線軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列とを算出する測位誤差共分散行列算出手段と、

上記モノスタティック・レーダ局および上記バイスタティック受信局の測距、測角誤差の分散の設定値に基づいて、上記モノスタティック・レーダ局による測位誤差と上記バイスタティック受信局による上記双曲線軌跡上での測位誤差との相互相関行列を算出する測位誤差相互相関行列算出手段と、

カルマンフィルタのゲイン行列を算出する第1のゲイン行列算出手段と、上記カルマンフィルタの更新アルゴリズムで更新を行った場合の推定誤差共分散行列を算出す

る第1の推定誤差共分散行列算出手段と、  
 上記相互相関行列を用いて、推定誤差の2乗平均が最小化される最適状態ベクトル推定値を算出するためのフィルタゲイン行列を算出する第2のゲイン行列算出手段と、  
 このゲイン行列を用いて更新を行った場合の推定誤差共分散行列を算出する第2の推定誤差共分散行列算出手段と、  
 上記カルマンフィルタの更新アルゴリズムで更新を行った場合の推定誤差共分散行列の評価値を算出する第1の推定誤差評価手段と、  
 上記相互相関行列を用いて最適状態ベクトル推定値を算出するためのフィルタゲイン行列を用いたアルゴリズムで更新を行った場合の推定誤差共分散行列の評価値を算出する第2の推定誤差評価手段と、  
 上記第1、第2の推定誤差評価手段による評価値の大きさを比較する比較手段と、  
 上記比較手段による比較結果に基づき、上記楕円軌跡上での測位結果または上記双曲線軌跡上での測位結果のいずれか一方を選択し、また、上記カルマンフィルタのゲイン行列または上記相互相関行列を用いて推定誤差の2乗平均が最小化される最適状態ベクトル推定値を算出するためのフィルタゲイン行列のいずれか一方を選択して、上記選択した測位結果およびフィルタゲイン行列を出力する選択処理手段と、を具備することを特徴とする目標追尾装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、航空機、船舶、車両等の目標を探知するモノスタティック・レーダおよびバイスタティックレーダの観測結果を利用して、目標の位置、速度等を推定し目標を追尾する目標追尾方法及び目標追尾装置に関し、特に目標の追尾精度の向上に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】 従来、この種の装置として、例えば、特開平4-29080号公報に示されたものがある。図6は、上記文献に示された装置の構成ブロック図である。図において、51,52,53,54,55,56,2はモノスタティック・レーダ局57を構成し、51は送信機、52は送受切換器、53は送受信アンテナ、54は受信機、55は目標の検出および測距を行う信号検出器、56はビーム指向角検出器、2は目標の測位を行うデータ処理器である。一方、58,59,60,61はバイスタティック受信局62を構成し、58は受信アンテナ、59は受信機、60は信号検出器、61はビーム指向角検出器である。さらに、63はモノスタティック受信波とバイスタティック受信波の到来時間差の検出器、3はこの到来時間差を利用してバイスタティック測位を行う第1のバイスタティックデータ処理器、64は送信波とバイスタティック受信波の時間差の検出器、4はこの時

間差を利用してバイスタティック測位を行う第2のバイスタティックデータ処理器、5は選択器、65はモノスタティック測位情報とバイスタティック測位情報の相関処理により、目標位置の精測および追尾を行う相関測位処理器、6は表示器である。また、66は例えば航空機等の目標である。

【0003】 図6の装置の動作について説明する。モノスタティック・レーダ局57の送信機51で発生した大電力の電磁波は送受切換器52を経由して指向性を有する送受信アンテナ53から空間へ放射される。この送信波の目標66による反射波は、モノスタティック・レーダ局の送受信アンテナ53及びバイスタティック受信局の受信アンテナ58の双方で受信される。モノスタティック・レーダ局における受信信号は、送受切換器52を介して、受信機54で増幅等の受信処理が行われた後、信号検出器55において、目標の検出を行うとともに受信波の到来時刻の計測を行い、送信-受信間の時間差から目標までの距離情報の検出（いわゆる測距）が行われる。また、ビーム指向角検出器56では、送受信アンテナ53によるアンテナ・ビームの指向角が検出され、この角度情報が目標の方向の検出（いわゆる測角）の基準となる。上記の測距および測角の情報は、データ処理器2に送られ、目標位置の算出（いわゆる測位）が行われる。

【0004】 一方、バイスタティック受信局62で得られた受信信号は、受信機59で増幅等の受信処理が行われた後、信号検出器60で目標の検出と受信波の到来時刻の計測を行う。次に、到来時間差検出器63は、モノスタティック受信波とバイスタティック受信波の到来時間差を検出し、この情報とバイスタティック受信アンテナ58のビーム指向角検出器61からの角度情報に基づき、第1のバイスタティック・データ処理器3で測位を行う。また、時間差検出器64はモノスタティック・レーダ局からの送信波とバイスタティック受信波の時間差を検出し、この情報とビーム指向角検出器61からの角度情報に基づき、第2のバイスタティック・データ処理器4で測位を行う。選択器5は、目標の領域に応じて、第1と第2のバイスタティック・データ処理器3,4の測位結果のいずれか一方を選択して、相関測位処理器65に出力する。相関測位処理器65では、このバイスタティック測位情報とモノスタティック・レーダ局で得られた測位情報との相関処理により、目標位置の精測と追尾処理を行う。この結果は表示器6に表示される。

【0005】 上記装置の動作原理を図7、図8を参照して説明する。図7はモノスタティック受信波とバイスタティック受信波の到来時間差の情報をを用いて目標を測位する場合の動作原理を説明する図、図8は送信波とバイスタティック受信波の時間差の情報をを用いて測位する場合の動作原理を説明する図である。図7、図8において、まず、モノスタティック・レーダ局の送受信アンテナTx/Rxから目標を観測した場合、目標はTx/Rxを中心と

する円周67上で、送受信ビーム68内の点として測位される。このとき、目標のTx/Rxから見て視線方向の位置精度、即ち測距精度DRは、信号検出器55における受信信号の到来時刻の計測精度によって決まり、この量は比較的簡単に高精度が実現できる。これに対し、Tx/Rxから見て円の接線方向の位置精度 $\Delta L$ は、目標までの距離Rに比例し、次式で表わせる。

$$\Delta L = R \cdot \Delta \theta$$

ここで、 $\Delta \theta$ は測角精度で、この測角精度は、モノパルス測角等の精度向上手段はあるものの、基本的にはアンテナ・ビーム幅に依存する。一般にアンテナ・ビーム幅を狭くするには限界がある（狭ビームを形成するには極めて大口径のアンテナを要する）ので、目標が遠距離となるに従い $\Delta L$ が増加して、絶対的な位置精度が劣化する。上記の結果、目標の測位精度は、図で斜線を施した領域69のように視線方向に短く、接線方向に長い領域となる。

【0006】次に、図7において、バイスタティック受信局の受信アンテナRxから目標を観測した場合、RxとTx/Rxとの受信波到来時間差から目標を測位すると、目標の軌跡はRxとTx/Rxからの距離の差が一定の曲線、即ちRxとTx/Rxを焦点とする双曲線70となり、測位精度はこの双曲線と受信ビーム71の交叉領域として図で斜線を施した領域72となる。ここで、双曲線の幅は目標からRxおよびTx/Rxを見た際の見込み角に依存するものの、基本的にはバイスタティック受信局およびモノスタティック・レーダ局での受信波到来時刻の計測精度を適当に選べば十分に小さくすることができる。これに対して双曲線の接線方向の精度は、測角精度に依存するため、目標が遠距離となるに従い劣化する。即ち、72の領域はやはり双曲線の幅方向に短く、接線方向に長い領域となる。一方、図8において、バイスタティック受信局の受信アンテナRxから目標を観測し、送信波の送信時刻とRxでの受信波の到来時刻との時間差から目標を測位した場合、目標の軌跡はRxとTx/Rxからの距離の和が一定の曲線、即ちRxとTx/Rxを焦点とする楕円73となり、測位精度はこの楕円と受信ビーム71の交叉領域として斜線領域74となる。この領域74は上記と同様の理由により楕円の幅方向に短く、接線方向に長い領域となる。

【0007】このように図7、図8のバイスタティック測位の違いは、目標を双曲線上で測位するか楕円上で測位するかの違いである。ここで、目標位置における双曲線の接線と楕円の接線は互いに直交する関係となる。ところで、図7、図8のいずれの場合においても、モノスタティック測位結果とバイスタティック測位結果の相関処理を行えば、目標の位置精度は、2つの斜線領域69、72または69、74の交叉領域となり、原理的に測位精度が向上可能である。さらに、モノスタティック測位による円周上の目標軌跡と、バイスタティック測位による双曲線または楕円上の目標軌跡の交叉角度が、直角に近くなる

ほど測位精度の向上効果は大となる。したがって、目標の存在位置に応じ、双曲線または楕円による測位のいずれかを選択することにより、測位精度を高めることができる。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来の装置は、以上のように構成され、モノスタティック・レーダ局とバイスタティック受信局による測位情報の融合がもたらす測位精度向上の原理が示されているが具体的な目標追尾処理方法は示されていない。

【0009】また、モノスタティック・レーダを使用した目標追尾では、カルマンフィルタや、このカルマンフィルタを単純化した $\alpha-\beta$ フィルタ、 $\alpha-\beta-\gamma$ フィルタを適用するのが一般的であるが、従来の装置で示されたモノスタティック・レーダ局の測位情報とバイスタティック受信局の双曲線による測位情報の両方を使用して目標追尾処理を行う場合に、モノスタティック・レーダ局とバイスタティック受信局からの測位情報が互いに相関のある誤差を持つために、カルマンフィルタ等の一般的なフィルタが理論的に適用できない、もしくは、これらを適用すると追尾精度が劣化して、上記2つの局の測位情報を融合する効果が十分に得られないという問題があった。

【0010】また、上記従来の装置では、バイスタティック受信局での測位情報として、双曲線による測位と楕円による測位とのいずれか条件の良い方の情報を選択するように構成されているが、この選択を行うための具体的な処理方法が示されていないという問題があった。

【0011】この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、モノスタティック・レーダ局とバイスタティック受信局からの測位情報を融合しながら目標追尾処理を行うのに、特に、バイスタティック受信局からの測位情報として、双曲線による測位情報を使用する場合に、この測位情報とモノスタティック・レーダ局からの測位情報との誤差の相関を考慮して目標位置、速度の最適な推定値を算出することができるフィルタアルゴリズムにより、追尾精度の向上した目標追尾方法およびこれを実施する目標追尾装置を得ることを目的とする。

【0012】また、モノスタティック・レーダ局とバイスタティック受信局からの測位情報を融合しながら目標追尾処理を行うのに、バイスタティック受信局での測位情報として、双曲線による測位と楕円による測位のいずれか条件の良い方の測位情報を選択するため、上記の両測位情報を使用して追尾処理を行った場合に期待される追尾精度を観測条件に応じて評価することにより、追尾精度の向上した目標追尾方法およびこれを実施する目標追尾装置を得ることを目的とする。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するた

めに、この発明の請求項 1 に係わる目標追尾方法は、モノスタティック・レーダ局と、このモノスタティック・レーダ局から離隔して設置され、モノスタティック・レーダ送信波の目標からの反射波を受信するバイスタティック受信局の、両局による目標の測位結果を用いて目標追尾処理を行う目標追尾方法において、上記目標の位置、速度等の運動諸元で構成される状態ベクトルの推定値および推定誤差共分散行列の初期値を設定し、以降、各サンプリング時刻において、上記モノスタティック・レーダ局による円周軌跡上での測位結果と、上記バイスタティック受信局による、バイスタティック受信波と送信波との時間差の計測結果に基づく楕円軌跡上での測位結果、あるいは、バイスタティック受信波とモノスタティック・レーダ局での受信波との到来時間差の計測結果に基づく双曲線軌跡上での測位結果のいずれかを入力し、上記モノスタティック・レーダ局および上記バイスタティック受信局における距離、角度の観測諸元に係わる観測誤差分散のデータ群を入力し、カルマンフィルタの予測アルゴリズムを用いて、上記状態ベクトルの予測値と予測誤差共分散行列を算出し、上記円周軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列を算出し、上記円周軌跡上での測位結果を用い、カルマンフィルタの更新アルゴリズムに基づいて、状態ベクトル推定値および推定誤差共分散行列を算出し、上記バイスタティック受信局での測位結果として、上記楕円軌跡上での測位結果を入力した場合には、上記楕円軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列を算出し、上記楕円軌跡上での測位結果を用い、カルマンフィルタの更新アルゴリズムに基づいて、上記状態ベクトル推定値および推定誤差共分散行列を更新し、一方、上記バイスタティック受信局での測位結果として、上記双曲線軌跡上での測位結果を入力した場合には、上記双曲線軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列を算出し、上記円周軌跡上での測位結果の誤差と上記双曲線軌跡上での測位結果の誤差との相互相関行列を算出し、上記円周軌跡上での測位結果の誤差と上記双曲線軌跡上での測位結果の誤差との相互相関を考慮して、推定誤差の 2 乗平均が最小化される最適な状態ベクトル推定値を算出するためのフィルタゲイン行列を算出し、上記フィルタゲイン行列と上記双曲線軌跡上での測位結果を用いて、状態ベクトル推定値を更新し、上記双曲線軌跡上での測位結果を用いて更新した状態ベクトル推定値の推定誤差共分散行列を算出し、上記各サンプリング時刻における一連の処理を追尾終了まで繰り返すことを特徴とする。

【0014】また、この発明の請求項 2 に係わる目標追尾装置は、モノスタティック・レーダ局と、このモノスタティック・レーダ局から離隔して設置され、モノスタティック・レーダ送信波の目標からの反射波を受信するバイスタティック受信局の、両局による目標の測位結果を用いて目標追尾処理を行う目標追尾装置において、上

記目標の位置、速度等の運動諸元で構成される状態ベクトルの推定値を格納保持する推定値用メモリと、サンプリング間隔分の上記状態ベクトルの予測を行う予測処理手段と、上記状態ベクトル予測値または上記状態ベクトル推定値に基づく目標位置と上記モノスタティック・レーダ局または上記バイスタティック受信局からの測位結果に基づく目標位置との残差を算出する残差算出手段と、上記状態ベクトル予測値または上記状態ベクトル推定値と、上記残差およびフィルタゲイン行列とを用いて、上記状態ベクトルの更新を行う更新処理手段と、上記状態ベクトル推定値の推定誤差共分散行列を格納保持する推定誤差共分散行列用メモリと、上記状態ベクトル予測値の予測誤差共分散行列を算出する予測誤差共分散行列算出手段と、上記モノスタティック・レーダ局および上記バイスタティック受信局の測距、測角誤差の分散の設定値に基づいて、上記モノスタティック・レーダ局による測位結果の測位誤差共分散行列と、上記バイスタティック受信局による、バイスタティック受信波と送信波との時間差の計測結果に基づく楕円軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列と、上記バイスタティック受信局での受信波とモノスタティック・レーダ局での受信波との到来時間差の計測結果に基づく双曲線軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列とを算出する測位誤差共分散行列算出手段と、上記モノスタティック・レーダ局および上記バイスタティック受信局の測距、測角誤差の分散の設定値に基づいて、上記モノスタティック・レーダ局による測位誤差と上記バイスタティック受信局による上記双曲線軌跡上での測位誤差との相互相関行列を算出する測位誤差相互相関行列算出手段と、カルマンフィルタのゲイン行列を算出する第 1 のゲイン行列算出手段と、カルマンフィルタの更新アルゴリズムで更新を行った場合の推定誤差共分散行列を算出する第 1 の推定誤差共分散行列算出手段と、上記相互相関行列を用いて、推定誤差の 2 乗平均が最小化される最適な状態ベクトル推定値を算出するためのフィルタゲイン行列を算出する第 2 のゲイン行列算出手段と、このゲイン行列を用いて更新を行った場合の推定誤差共分散行列を算出する第 2 の推定誤差共分散行列算出手段と、を具備することを特徴とする。

【0015】また、この発明の請求項 3 に係わる目標追尾方法は、モノスタティック・レーダ局と、このモノスタティック・レーダ局から離隔して設置され、モノスタティック・レーダ送信波の目標からの反射波を受信するバイスタティック受信局の、両局による目標の測位結果を用いて目標追尾処理を行う目標追尾方法において、上記目標の位置、速度等の運動諸元で構成される状態ベクトルの推定値および推定誤差共分散行列の初期値を設定し、以降、各サンプリング時刻において、上記モノスタティック・レーダ局による円周軌跡上での測位結果と、上記バイスタティック受信局による、バイスタティック

受信波と送信波との時間差の計測結果に基づく楕円軌跡上での測位結果と、バイスタティック受信波とモノスタティック・レーダ局での受信波との到来時間差の計測結果に基づく双曲線軌跡上での測位結果とを入力し、上記モノスタティック・レーダ局および上記バイスタティック受信局における距離、角度の観測諸元に係わる観測誤差分散のデータ群を入力し、カルマンフィルタの予測アルゴリズムを用いて、状態ベクトルの予測値と予測誤差共分散行列を算出し、上記円周軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列を算出し、上記円周軌跡上での測位結果を用いて、カルマンフィルタの更新アルゴリズムに基づいて、状態ベクトル推定値および推定誤差共分散行列を算出し、上記楕円軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列を算出し、上記双曲線軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列を算出し、上記円周軌跡上での測位結果の誤差と上記双曲線軌跡上での測位結果の誤差との相互相関行列を算出し、上記楕円軌跡上での測位結果を用いて上記状態ベクトル推定値を更新した場合の、推定誤差共分散行列を算出し、上記円周軌跡上での測位結果の誤差と上記双曲線軌跡上での測位結果の誤差との相互相関を考慮して、推定誤差の2乗平均が最小化される最適な状態ベクトル推定値を算出するためのフィルタゲイン行列を算出し、上記フィルタゲイン行列と上記双曲線軌跡上での測位結果を用いて、状態ベクトル推定値を更新した場合の推定誤差共分散行列を算出し、上記楕円軌跡上での測位結果を用いて上記状態ベクトル推定値を更新した場合の、推定誤差共分散行列の評価値を算出し、上記フィルタゲイン行列と上記双曲線軌跡上での測位結果を用いて、状態ベクトル推定値を更新した場合の推定誤差共分散行列の評価値を算出し、上記算出した二つの評価値の大小を判定し、上記判定の結果、上記楕円軌跡上での測位結果を用いて上記状態ベクトル推定値を更新した場合の、推定誤差共分散行列の評価値の方が小さい場合には、上記楕円軌跡上での測位結果を用いて上記状態ベクトル推定値を更新し、上記判定の結果、上記双曲線軌跡上での測位結果を用いて上記状態ベクトル推定値を更新した場合の、推定誤差共分散行列の評価値の方が小さい場合には、上記フィルタゲイン行列と上記双曲線軌跡上での測位結果を用いて上記状態ベクトル推定値を更新し、上記各サンプリング時刻における一連の処理を追尾終了まで繰り返すことを特徴とする。

【0016】また、この発明の請求項4に係わる目標追尾装置は、モノスタティック・レーダ局と、このモノスタティック・レーダ局から離隔して設置され、モノスタティック・レーダ送信波の目標からの反射波を受信するバイスタティック受信局の、両局による目標の測位結果を用いて目標追尾処理を行う目標追尾装置において、上記目標の位置、速度等の運動諸元で構成される状態ベクトルの推定値を格納保持する推定値用メモリと、サンプリング間隔分の上記状態ベクトルの予測を行う予測処理

手段と、上記状態ベクトル予測値または上記状態ベクトル推定値に基づく目標位置と上記モノスタティック・レーダ局または上記バイスタティック受信局からの測位結果に基づく目標位置との残差を算出する残差算出手段と、上記状態ベクトル予測値または上記状態ベクトル推定値と、上記残差およびフィルタゲイン行列を用いて、上記状態ベクトルの更新を行う更新処理手段と、上記状態ベクトル推定値の推定誤差共分散行列を格納保持する推定誤差共分散行列用メモリと、上記状態ベクトル予測値の予測誤差共分散行列を算出する予測誤差共分散行列算出手段と、上記モノスタティック・レーダ局および上記バイスタティック受信局の測距、測角誤差の分散の設定値に基づいて、上記モノスタティック・レーダ局による測位結果の測位誤差共分散行列と、上記バイスタティック受信局による、バイスタティック受信波と送信波との時間差の計測結果に基づく楕円軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列と、上記バイスタティック受信局での受信波と上記モノスタティック・レーダ局での受信波との到来時間差の計測結果に基づく双曲線軌跡上での測位結果の測位誤差共分散行列とを算出する測位誤差共分散行列算出手段と、上記モノスタティック・レーダ局および上記バイスタティック受信局の測距、測角誤差の分散の設定値に基づいて、上記モノスタティック・レーダ局による測位誤差と上記バイスタティック受信局による上記双曲線軌跡上での測位誤差との相互相関行列を算出する測位誤差相互相関行列算出手段と、カルマンフィルタのゲイン行列を算出する第1のゲイン行列算出手段と、上記カルマンフィルタの更新アルゴリズムで更新を行った場合の推定誤差共分散行列を算出する第1の推定誤差共分散行列算出手段と、上記相互相関行列を用いて、推定誤差の2乗平均が最小化される最適な状態ベクトル推定値を算出するためのフィルタゲイン行列を算出する第2のゲイン行列算出手段と、このゲイン行列を用いて更新を行った場合の推定誤差共分散行列を算出する第2の推定誤差共分散行列算出手段と、上記カルマンフィルタの更新アルゴリズムで更新を行った場合の推定誤差共分散行列の評価値を算出する第1の推定誤差評価手段と、上記相互相関行列を用いて最適な状態ベクトル推定値を算出するためのフィルタゲイン行列を用いたアルゴリズムで更新を行った場合の推定誤差共分散行列の評価値を算出する第2の推定誤差評価手段と、上記第1、第2の推定誤差評価手段による評価値の大きさを比較する比較手段と、上記比較手段による比較結果に基づき、上記楕円軌跡上での測位結果または上記双曲線軌跡上での測位結果のいずれか一方を選択し、また、上記カルマンフィルタのゲイン行列または上記相互相関行列を用いて推定誤差の2乗平均が最小化される最適な状態ベクトル推定値を算出するためのフィルタゲイン行列のいずれか一方を選択して、上記選択した測位結果およびフィルタゲイン行列を出力する選択処理手段と、を具備することを特徴



とする。

#### 【0017】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1はこの発明の目標追尾方法の実施の形態1を説明するフローチャートである。図2はこの発明の実施の形態に共通のモノスタティック・レーダ局、バイスタティック受信局による目標測位とその座標系を説明する図である。図1において、ST1は目標の状態ベクトル推定値およびこの推定値の誤差共分散行列である推定誤差共分散行列の初期値を設定するステップ、ST2はモノスタティック・レーダ局での円測位による目標位置ベクトルと、バイスタティック受信局での楕円測位あるいは双曲線測位による目標位置ベクトルとを入力するステップ、ST3はモノスタティック・レーダ局、バイスタティック受信局で観測した距離、角度の観測誤差分散のデータ群を入力するステップ、ST4はカルマンフィルタの予測アルゴリズムに従い、状態ベクトル予測値およびこの予測値の誤差共分散行列である予測誤差共分散行列を算出するステップ、ST5は円測位の測位誤差共分散行列を算出するステップ、ST6はカルマンフィルタの更新アルゴリズムに従い、円測位の目標位置ベクトルを用いて状態ベクトル推定値、推定誤差共分散行列を算出するステップである。

【0018】更に、ST7はバイスタティック受信局から入力された目標位置ベクトルが楕円測位のものであるか双曲線測位のものであるかを判断するステップであり、ST8は楕円測位の測位誤差共分散行列を算出するステップ、ST9はカルマンフィルタの更新アルゴリズムに従い、楕円測位の目標位置ベクトルを用いて状態ベクトル推定値と推定誤差共分散行列を算出するステップである。また、ST10は双曲線測位の測位誤差共分散行列を算出するステップ、ST11は円測位の測位誤差と双曲線測位の測位誤差の相互相関行列を算出するステップ、ST12は円測位の測位誤差と双曲線測位の測位誤差の相互相関を考慮した計算アルゴリズムに従ってフィルタゲインを算出するステップ、ST13は双曲線測位の目標位置ベクトル\*

$$r = c(t_m - t_0) \quad (1)$$

$$\rho = c(t_b - t_0) \quad (2)$$

$$\delta = c(t_m - t_b) \quad (3)$$

ただし

$t_m$  : Tx/Rxでの受信波到来時刻

$t_b$  : Rxでの受信波到来時刻

$t_0$  : 送信時刻

$c$  : 光速

$$\delta = c(t_m - t_0) - c(t_b - t_0) = r - \rho \quad (4)$$

【0022】一方、モノスタティック・レーダ局Tx/Rxで計測した目標の仰角と方位角を、それぞれ $\phi_a$ 、 $\theta_a$

\*を用いて状態ベクトル推定値を算出するステップ、ST14は上記状態ベクトル推定値の推定誤差共分散行列を算出するステップである。ST15は追尾終了か否かを判断するステップである。

【0019】この発明の目標追尾方法の実施の形態1の処理手順を詳しく説明するのに先立ち、この実施の形態の背景理論を以下の①②③④について説明する。

① モノスタティック・レーダ局およびバイスタティック受信局における観測諸元について。

② 上記の観測諸元を用いた目標測位処理について。

③ 上記の観測諸元の誤差が目標測位誤差に及ぼす影響について。

④ 上記の解析結果に基づいて追尾フィルタ処理で仮定する目標の運動モデルと入力データのモデルについて。

【0020】先ず、上記①の、モノスタティック・レーダ局およびバイスタティック受信局における観測諸元について、図2を参照して、説明する。図2において、モノスタティック・レーダ局Tx/Rxにおいて受信波の到来時刻 $t_m$ を計測すれば、式(1)に従って、モノスタティック・レーダ局Tx/Rxから目標Tgtまでの往復の距離22が得られる。この距離を $r$ と表す。また、バイスタティック受信局Rxにおいて受信波の到来時刻 $t_b$ を計測した場合、送信時刻との時間差を使用すれば、式(2)に従って、モノスタティック・レーダ局Tx/Rxから目標Tgtを経てバイスタティック受信局Rxに至る距離23が得られる。この距離を $\rho$ とする。さらに、モノスタティック・レーダ局での受信波到来時刻とバイスタティック受信局での受信波到来時刻 $t_b$ との差を使用すれば、式(3)に従い、目標からモノスタティック・レーダ局までの距離とバイスタティック受信局までの距離の差が得られる。この距離差を $\delta$ とする。ここで、式(1)～式(3)より、距離差 $\delta$ は等価的に式(4)のように表すことができる。

#### 【0021】

##### 【数1】

と表す。バイスタティック受信局Rxで計測した目標の仰角、方位角を $\phi_b$ 、 $\theta_b$ と表す。

【0023】次いで、上記②の、上記観測諸元を用いた目標測位処理について、図2を参照して説明する。図2に示すように、目標の絶対位置を表すための基準座標系24を設定する。この座標系で表したモノスタティック・レーダ局およびバイスタティック受信局の絶対位置は既知であると仮定する。上記得られた観測諸元の内、距離 $r$ と角度 $\phi_m$ 、 $\theta_m$ により構成される観測諸元ベクトル $u^{(c)}$ を式(5)で定義する( $T$ は行列の転置を表す)。この観測諸元ベクトル $u^{(c)}$ の情報を使用すれば、モノスタティック・レーダ局Tx/Rxを中心とする円周上での目標の測位(以下、円測位と呼ぶ)が可能である。円測位によって得られる目標位置ベクトル $z^{(c)}$ (基準座標系24で表す)を式(6)で定義する。上記 $u^{(c)}$ より上記 $z^{(c)}$ を求める算出式を式(7)で表す。また、距離 $\rho$ と角度 $\phi_b$ 、 $\theta_b$ で構成される観測諸元ベクトル $u^{(e)}$ を式(8)で定義すれば、この観測諸元ベクトル $u^{(e)}$ の情報より、モノスタティック・レーダ局Tx/Rxと、バイスタティック受信局Rxを焦点とする楕円上での測位(以下、楕円測位と呼ぶ)が可能である。楕円測位による目標位置ベクトル $z^{(e)}$ を式(9)とし、上記 $u^{(e)}$ より上記 $z^{(e)}$ を求める算出式を式(10)で表す。さらに、距離差 $\delta$ と角度 $\phi_b$ 、 $\theta_b$ で構成される式(11)の観測諸元ベクトル $u^{(h)}$ を使用すれば、Tx/RxとRxを焦点とする双曲線上での測位(以下、双曲線測位と呼ぶ)が行える。双曲線測位による目標位置ベクトル $z^{(h)}$ を式(12)とし、上記 $u^{(h)}$ より上記 $z^{(h)}$ の算出式を式(13)で表す。

【0024】  
【数2】

$$u^{(c)} = [r \quad \phi_m \quad \theta_m]^T \quad (5)$$

$$z^{(c)} = [x^{(c)} \quad y^{(c)} \quad z^{(c)}]^T \quad (6)$$

$$z^{(c)} = f^{(c)}(u^{(c)}) \quad (7)$$

楕円測位：

$$u^{(e)} = [\rho \quad \phi_b \quad \theta_b]^T \quad (8)$$

$$z^{(e)} = [x^{(e)} \quad y^{(e)} \quad z^{(e)}]^T \quad (9)$$

$$z^{(e)} = f^{(e)}(u^{(e)}) \quad (10)$$

双曲線測位：

$$u^{(h)} = [\delta \quad \phi_b \quad \theta_b]^T \quad (11)$$

$$z^{(h)} = [x^{(h)} \quad y^{(h)} \quad z^{(h)}]^T \quad (12)$$

$$z^{(h)} = f^{(h)}(u^{(h)}) \quad (13)$$

【0025】次いで、上記③の、上記観測諸元の誤差が目標測位誤差に及ぼす影響について説明する。上記の観測諸元 $r$ 、 $\rho$ 、 $\delta$ 、 $\phi_m$ 、 $\theta_m$ 、 $\phi_b$ 、 $\theta_b$ に含まれる観測誤差をそれぞれ $\Delta r$ 、 $\Delta \rho$ 、 $\Delta \delta$ 、 $\Delta \phi_m$ 、 $\Delta \theta_m$ 、 $\Delta \phi_b$ 、 $\Delta \theta_b$ と表す。距離 $r$ の誤差は式(1)におけるTx/Rxでの受信波到来時刻 $t_m$ の計測誤差に起因して発生する。 $\Delta r$ は平均0、分散 $\sigma_r^2$ のガウス分布に従うと仮定する。また、距離 $\rho$ の誤差は式(2)におけるR※

※xでの受信波到来時刻 $t_b$ の計測誤差に起因する。 $\Delta \rho$ は平均0、分散 $\sigma_\rho^2$ のガウス分布に従うと仮定する。一方、距離差 $\delta$ の誤差は、式(3)における $t_m$ の計測誤差と $t_b$ の計測誤差の双方の影響を受ける。この結果 $\Delta \delta$ は、式(4)より次式のように表せる。

【0026】

【数3】

$$\Delta \delta = \Delta r - \Delta \rho \quad (14)$$

【0027】上記 $\Delta r$ 、 $\Delta \rho$ に対するガウス分布の仮定と式(14)より、 $\Delta \delta$ は平均0、分散 $\sigma_\delta^2$ のガウス分布となる。ただし、分散 $\sigma_\delta^2$ は次式で与えられる。★

★【0028】

【数4】

$$\sigma_\delta^2 = \sigma_r^2 + \sigma_\rho^2 \quad (15)$$

【0029】ところで、 $\Delta r$ と $\Delta \rho$ は、それぞれ異なる

計測量 $t_m$ 、 $t_b$ の誤差に起因するため、互いに無相関な

誤差であり、式(16)を仮定できる ( $E[\cdot]$ は平均演算を表す記号である)。これに対し、 $\Delta r$ と $\Delta \delta$ は共に $t_n$ の計測誤差に影響を受けるため、互いに相関を持つ誤差である。式(14)より、これらの誤差の相互相関に関する共\*

$$E[\Delta r \Delta \rho] = 0 \quad (16)$$

$$E[\Delta r \Delta \delta] = \sigma_r^2 \quad (17)$$

\*分散は式(17)となる。

【0030】

【数5】

【0031】目標角度の観測誤差 $\Delta \phi_m$ 、 $\Delta \theta_m$ 、 $\Delta \phi_b$ 、 $\Delta \theta_b$ は、いずれも平均0で、分散が各々 $\sigma_{\phi m}^2$ 、 $\sigma_{\theta m}^2$ 、 $\sigma_{\phi b}^2$ 、 $\sigma_{\theta b}^2$ のガウス分布に従うと仮定する。これらの誤差は互いに無相関である。以上のことから、式(5)、(8)、(11)で定義した各観測諸元ベクトル $u^{(c)}$ 、 $u^{(e)}$ 、 $u^{(h)}$ の誤差共分散行列が式(18)~(22)のように得られる。ここで、式(18)、(19)、(20)は、それぞれ観測諸元ベクトルの各誤差 $\Delta u^{(c)}$ 、 $\Delta u^{(e)}$ 、\*

※ $\Delta u^{(h)}$ の共分散行列であり、式(21)、(22)は、それぞれ $\Delta u^{(c)}$ と $\Delta u^{(e)}$ 、および $\Delta u^{(c)}$ と $\Delta u^{(h)}$ の相互相関行列である。なお、 $\text{diag}(a, b, c)$ は、 $a, b, c$ を対角項とする $3 \times 3$ の対角行列を、また、 $O_{3 \times 3}$ は $3 \times 3$ の零行列を表す。

【0032】

【数6】

$$E[\Delta u^{(c)} \Delta u^{(c)T}] = \text{diag}(\sigma_r^2, \sigma_{\phi m}^2, \sigma_{\theta m}^2) \quad (18)$$

$$E[\Delta u^{(e)} \Delta u^{(e)T}] = \text{diag}(\sigma_{\rho}^2, \sigma_{\phi b}^2, \sigma_{\theta b}^2) \quad (19)$$

$$E[\Delta u^{(h)} \Delta u^{(h)T}] = \text{diag}(\sigma_r^2 + \sigma_{\rho}^2, \sigma_{\phi b}^2, \sigma_{\theta b}^2) \quad (20)$$

$$E[\Delta u^{(c)} \Delta u^{(e)T}] = O_{3 \times 3} \quad (21)$$

$$E[\Delta u^{(c)} \Delta u^{(h)T}] = \text{diag}(\sigma_r^2, 0, 0) \quad (22)$$

【0033】上記の観測諸元の誤差が目標の測位誤差に及ぼす影響は、以下のように評価できる。上記観測諸元ベクトル $u^{(c)}$ が誤差 $\Delta u^{(c)}$ を持っている場合の、円測位による目標位置ベクトル $z^{(c)}$ の誤差を $v^{(c)}$ とする。同様に、上記観測諸元ベクトル $u^{(e)}$ が誤差 $\Delta u^{(e)}$ を持っている場合の、楕円測位による目標位置ベクトル $z^{(e)}$ ★

★の誤差を $v^{(e)}$ 、上記観測諸元ベクトル $u^{(h)}$ が誤差 $\Delta u^{(h)}$ を持っている場合の、双曲線測位による目標位置ベクトル $z^{(h)}$ の誤差を $v^{(h)}$ と表す。式(7)、(10)、(13)を線形化一次近似することにより、以下のように評価する。

【0034】

【数7】

$$v^{(c)} = F^{(c)} \Delta u^{(c)}, \quad F^{(c)} = \left. \frac{\partial f^{(c)}}{\partial u^{(c)}} \right|_{u^{(c)}=u_0^{(c)}} \quad (23)$$

$$v^{(e)} = F^{(e)} \Delta u^{(e)}, \quad F^{(e)} = \left. \frac{\partial f^{(e)}}{\partial u^{(e)}} \right|_{u^{(e)}=u_0^{(e)}} \quad (24)$$

$$v^{(h)} = F^{(h)} \Delta u^{(h)}, \quad F^{(h)} = \left. \frac{\partial f^{(h)}}{\partial u^{(h)}} \right|_{u^{(h)}=u_0^{(h)}} \quad (25)$$

【0035】ここで、 $F^{(c)}$ は式(7)の関数 $f^{(c)}$ の $u^{(c)}$ による一次微分係数を示す $3 \times 3$ 行列の真値 $u_0^{(c)}$ における値である。また、 $F^{(e)}$ 、 $F^{(h)}$ についても同様である。ここで、真値 $u_0^{(c)}$ を実際に得ることはできないが、追尾処理の過程で得られる目標の予測位置や推定位置を使用すれば、近似値を算出することができる。上記式(18)~式(22)および式(23)~式(25)より、測位誤差 $v$

$v^{(c)}$ 、 $v^{(e)}$ 、 $v^{(h)}$ の共分散行列が以下の式(26)~(30)のように得られる。ここで、 $S^{(c)}$ 、 $S^{(e)}$ 、 $S^{(h)}$ は、測位誤差 $v^{(c)}$ 、 $v^{(e)}$ 、 $v^{(h)}$ の共分散行列であり、 $C^{(ce)}$ 、 $C^{(ch)}$ は、相互相関行列である。

【0036】

【数8】

$$S^{(c)} = E[v^{(c)} v^{(c)T}] = F^{(c)} \cdot \text{diag}(\sigma_r^2, \sigma_{\phi m}^2, \sigma_{\theta m}^2) \cdot F^{(c)T} \quad (26)$$

$$S^{(e)} = E[v^{(e)} v^{(e)T}] = F^{(e)} \cdot \text{diag}(\sigma_p^2, \sigma_{\phi b}^2, \sigma_{\theta b}^2) \cdot F^{(e)T} \quad (27)$$

$$S^{(h)} = E[v^{(h)} v^{(h)T}] = F^{(h)} \cdot \text{diag}(\sigma_r^2 + \sigma_p^2, \sigma_{\phi b}^2, \sigma_{\theta b}^2) \cdot F^{(h)T} \quad (28)$$

$$C^{(ce)} = E[v^{(c)} v^{(e)T}] = O_{3 \times 3} \quad (29)$$

$$C^{(ch)} = E[v^{(c)} v^{(h)T}] = F^{(c)} \cdot \text{diag}(\sigma_r^2, 0, 0) \cdot F^{(h)T} \quad (30)$$

【0037】ここで、上記の式(29)、(30)が示すように、円測位による目標位置ベクトル $z^{(c)}$ と楕円測位による目標位置ベクトル $z^{(e)}$ は、互いに誤差が無相関な測位結果であるのに対し、 $z^{(c)}$ と双曲線測位による目標位置ベクトル $z^{(h)}$ は互いに誤差が相関を持つ測位結果である。

【0038】次いで、上記④の、上記の解析結果に基づき

$$x_k = [x_k \quad y_k \quad z_k \quad \dot{x}_k \quad \dot{y}_k \quad \dot{z}_k]^T \quad (31)$$

【0040】このとき、目標の運動モデルを式(32)で定義する。ここで、 $\Phi_{k-1}$ はサンプリング $k-1$ からサンプリング $k$ への状態ベクトル $x_k$ の推移行列で、例えば、目標の運動を等速直進と仮定する場合、サンプリング間隔を $\tau$ として、式(33)で与えられる。ここで、 $I_{3 \times 3}$ は $3 \times 3$ の単位行列を表す。 $w_{k-1}$ は目標運動を等速直進と見なす

$$x_k = \Phi_{k-1} x_{k-1} + w_{k-1} \quad (32)$$

$$\Phi_k = \begin{bmatrix} I_{3 \times 3} & \tau \cdot I_{3 \times 3} \\ O_{3 \times 3} & I_{3 \times 3} \end{bmatrix} \quad (33)$$

【0042】次に、追尾フィルタへの入力データのモデルを以下のように定義する。円測位による目標位置ベクトル $z^{(c)}$ を追尾フィルタへの入力データとする場合のモデルを式(34)とする。同様に、楕円測位による目標位置ベクトル $z^{(e)}$ 、双曲線測位による目標位置ベクトル $z^{(h)}$ を入力データとする場合のモデルを、各々式(35)、(36)とする。ここで、観測行列 $H$ は式(37)で与えられる定

$$z_k^{(c)} = H x_k + v_k^{(c)} \quad (34)$$

$$z_k^{(e)} = H x_k + v_k^{(e)} \quad (35)$$

$$z_k^{(h)} = H x_k + v_k^{(h)} \quad (36)$$

ただし

$$H = [I_{3 \times 3} \quad O_{3 \times 3}] \quad (37)$$

【0044】以上で、この発明の目標追尾方法の実施の形態1の背景理論の説明を終る。

【0045】次に、図1を参照して、この発明の目標追尾方法の実施の形態1を示す処理手順を詳しく説明する。この実施の形態1では、サンプリング $k$ までのモノスタティック・レーダ局およびバイスタティック受信局

10 \*いて追尾フィルタ処理で仮定する目標の運動モデルと入力データのモデルについて説明する。まず、目標の運動モデルについて説明する。例えば、図2の基準座標系24でのサンプリング $k$ における目標位置と速度の成分により、目標の状態ベクトルを次の式(31)で表す。

【0039】

【数9】

※したことによる誤差を表すために導入された加速度相当の駆動雑音ベクトルであり、平均0、共分散行列が $Q_k$ のガウス性白色雑音であるとする。

【0041】

【数10】

30 ★数行列である。また、 $v^{(c)}$ 、 $v^{(e)}$ 、 $v^{(h)}$ は式(23)～式(25)で定義した各測位誤差であり、これらの誤差は平均0で共分散行列が式(26)～式(30)で与えられるガウス性白色雑音であると仮定する。

【0043】

【数11】

よりの観測情報に基づき、サンプリング $k$ に対する式(31)の状態ベクトルの推定値を求める。まず、図1のST1において、通常の追尾処理の場合と同様に、初期2回のサンプリングの目標位置ベクトルから算出した目標の位置および速度を状態ベクトル推定値の初期値に設定し、また、上記算出した位置および速度の誤差共分散を算出

して、これを推定誤差共分散行列の初期値に設定し、追尾処理を開始する。なお、上記初期値を算出するための目標位置ベクトルとしては、モノスタティック・レーダ局における円測位の結果を使用すれば良い。以降、3回目のサンプリングより、ST2～ST14の一連の処理ステップを各サンプリングにおいて実行する。これらの処理ステップは、サンプリングk-1に対する状態ベクトル推定値ハット  $\hat{x}_{k-1|k-1}$  と推定誤差共分散行列  $P_{k-1|k-1}$  の値を、サンプリングkの観測情報を用いて、サンプリングkに対する状態ベクトル推定値ハット  $\hat{x}_{k|k}$  と推定誤差共分散行列  $P_{k|k}$  の値に更新するための処理ステップである。

【0046】まず、ST2において、モノスタティック・レーダ局での、円測位による目標位置ベクトル  $z_k^{(c)}$  を入力し、また、バイスタティック受信局での、楕円測位による目標位置ベクトル  $z_k^{(e)}$ 、あるいは、双曲線測

$$\hat{x}_{k|k-1} = \Phi_{k-1} \hat{x}_{k-1|k-1} \quad (38)$$

$$P_{k|k-1} = \Phi_{k-1} P_{k-1|k-1} \Phi_{k-1}^T \quad (39)$$

【0049】次に、ST5では、前記式(26)により、円測位の目標位置ベクトル  $z_k^{(c)}$  の測位誤差共分散行列  $S_k^{(c)}$  を算出する。次に、ST6において、モノスタティック・レーダ局で得られた、円測位による目標位置ベクトル  $z_k^{(c)}$  を用いて、状態ベクトル推定値の更新処理を実行する。この更新処理では、以下の、カルマンフィルタの更新アルゴリズムを使用することができる。ここで、ハット  $\hat{x}_{k|k}^{(c)}$  は  $z_k^{(c)}$  による更新後の状態ベクトル、 $P_{k|k}$  ※

$$K_k^{(c)} = P_{k|k-1} H^T (H P_{k|k-1} H^T + S_k^{(c)})^{-1} \quad (40)$$

$$\hat{x}_{k|k}^{(c)} = \hat{x}_{k|k-1} + K_k^{(c)} (z_k^{(c)} - H \hat{x}_{k|k-1}) \quad (41)$$

$$P_{k|k}^{(c)} = (I_{6 \times 6} - K_k^{(c)} H) P_{k|k-1} \quad (42)$$

【0051】次に、バイスタティック受信局で得られた、楕円測位による目標位置ベクトル  $z_k^{(e)}$ 、あるいは双曲線測位による目標位置ベクトル  $z_k^{(h)}$  を用いて、上記ハット  $\hat{x}_{k|k}^{(c)}$  をさらに更新するための処理ステップに進む。ST7では、バイスタティック受信局での測位結果として、楕円測位または双曲線測位のいずれの目標位置ベクトルが入力されたかを判断する。楕円測位の目標位置ベクトルが入力された場合にはST8に進み、双曲線測位の目標位置ベクトルが入力された場合にはST10に進む。

【0052】まず、楕円測位の目標位置ベクトルが入力

\*位による目標位置ベクトル  $z_k^{(h)}$  のいずれかを入力する。ここで、本実施の形態の目標追尾方法では、楕円測位と双曲線測位のいずれの目標位置ベクトルを入力するかは、各サンプリングにおいて、予め選択されているものとする。次に、ST3において、このサンプリングにおける距離  $r$ 、角度  $\phi_m$ 、 $\theta_m$ 、 $\phi_b$ 、 $\theta_b$  の観測誤差分散  $\sigma_r^2$ 、 $\sigma_\rho^2$ 、 $\sigma_{\phi_m}^2$ 、 $\sigma_{\theta_m}^2$ 、 $\sigma_{\phi_b}^2$ 、 $\sigma_{\theta_b}^2$  のデータ群を入力する。

【0047】次に、ST4に進む。この処理ステップでは、以下に示すカルマンフィルタの予測アルゴリズムに従って、サンプリング間隔分の予測処理を行う。ここで、ハット  $\hat{x}_{k|k-1}$  は状態ベクトル予測値を、また、 $P_{k|k-1}$  は予測誤差共分散行列を表す。

【0048】

【数12】

※ $k^{(c)}$  はハット  $\hat{x}_{k|k}^{(c)}$  の誤差共分散行列である。また、式(40)の  $K_k^{(c)}$  はカルマンゲイン行列である。なお、この更新アルゴリズムにおいて、ST4で算出した状態ベクトル予測値ハット  $\hat{x}_{k|k-1}$  と予測誤差共分散行列  $P_{k|k-1}$ 、および、ST5で算出した円測位の測位誤差共分散行列  $S_k^{(c)}$  を使用する。

【0050】

【数13】

された場合は、ST8において、前記式(27)により楕円測位の目標位置ベクトル  $z_k^{(e)}$  の測位誤差共分散行列  $S_k^{(e)}$  を算出する。次にST9において、楕円測位の目標位置ベクトル  $z_k^{(e)}$  を用いて更新処理を行う。ここで、楕円測位の目標位置ベクトルが入力された場合は、上記円測位の場合と同様に、以下に示すカルマンフィルタの更新アルゴリズムを使用することが可能である。この更新アルゴリズムでは、ST8で算出した  $z_k^{(e)}$  の測位誤差共分散行列  $S_k^{(e)}$  を使用する。

【0053】

【数14】

$$K_k^{(e)} = P_{k|k}^{(c)} H^T (H P_{k|k}^{(c)} H^T + S_k^{(e)})^{-1} \quad (43)$$

$$\hat{x}_{k|k}^{(e)} = \hat{x}_{k|k}^{(c)} + K_k^{(e)} (z_k^{(e)} - H \hat{x}_{k|k}^{(c)}) \quad (44)$$

$$P_{k|k}^{(e)} = (I_{6 \times 6} - K_k^{(e)} H) P_{k|k}^{(c)} \quad (45)$$

【0054】なお、上記のように、楕円測位の場合に、カルマンフィルタの更新アルゴリズムを適用できるのは、 $z_k^{(e)}$  の誤差が、先に用いた円測位の目標位置ベクトル  $z_k^{(c)}$  との誤差と無相関であるためである。

【0055】一方、双曲線測位による目標位置ベクトルが入力された場合は、ST10に進む。ST10では、前記式(28)により、双曲線測位の目標位置ベクトル  $z_k^{(h)}$  の測位誤差共分散行列  $S_k^{(h)}$  を算出する。さらに、ST11において、円測位の目標位置ベクトル  $z_k^{(c)}$  の誤差と双曲線測位の位置ベクトル  $z_k^{(h)}$  の誤差との相互相関行列  $C_k^{(ch)}$  を、前記式(30)により算出する。次に、ST12～ST14の3つの処理ステップによる更新処理に進む。

【0056】双曲線測位の目標位置ベクトル  $z_k^{(h)}$  を用いて前記ハット  $x_{k|k}^{(c)}$  の更新を行う場合、 $z_k^{(h)}$  の誤差が、ST6で用いた円測位の目標位置ベクトル  $z_k^{(c)}$  の誤差と相関を持つため、カルマンフィルタの更新アルゴリズムが使用できない。このため、ST12～ST14においては、以下に示す式(46)～(48)に従い更新処理を実行する。ここで、式(46)～(48)の算出式は、この発明において新たに導出されたアルゴリズムであり、 $z_k^{(h)}$  の誤差が  $z_k^{(c)}$  の誤差と相関を持つ場合に、2乗平均誤差を最小化する最適な推定値を算出することができる。

$$K_k^{(h)} = (P_{k|k}^{(c)} H^T - K_k^{(c)} C_k^{(ch)}) \times (H P_{k|k}^{(c)} H^T + S_k^{(h)} - C_k^{(ch)T} K_k^{(c)T} H^T - H K_k^{(c)} C_k^{(ch)})^{-1} \quad (46)$$

$$\hat{x}_{k|k}^{(h)} = \hat{x}_{k|k}^{(c)} + K_k^{(h)} (z_k^{(h)} - H \hat{x}_{k|k}^{(c)}) \quad (47)$$

$$P_{k|k}^{(h)} = (I_{6 \times 6} - K_k^{(h)} H) P_{k|k}^{(c)} + K_k^{(h)} C_k^{(ch)T} K_k^{(c)T} \quad (48)$$

【0060】以上が、サンプリングkにおける更新処理である。なお、サンプリングkの更新処理は、楕円測位の目標位置ベクトルを用いた更新処理の結果によるハット  $x_{k|k}^{(e)}$  と  $P_{k|k}^{(e)}$ 、あるいは、双曲線測位の目標位置ベクトルを用いた更新処理の結果によるハット  $x_{k|k}^{(h)}$  と  $P_{k|k}^{(h)}$  を、このサンプリングにおける最

\* 【0057】まず、ST12において、式(46)に従い、フィルタゲイン行列  $K_k^{(h)}$  を算出する。このフィルタゲイン行列は、上記  $z_k^{(h)}$  の誤差と  $z_k^{(c)}$  の誤差の相関を考慮して更新処理を行うためのゲイン行列であり、その算出にあたっては、ST10で算出した  $z_k^{(h)}$  の誤差共分散行列  $S_k^{(h)}$ 、ST11で算出した  $z_k^{(c)}$  と  $z_k^{(h)}$  の相互相関行列  $C_k^{(ch)}$  と、さらに、ST6で算出したカルマンゲイン行列  $K_k^{(c)}$  および推定誤差共分散行列  $P_{k|k}^{(c)}$  を用いている。

【0058】次に、ST13では、式(47)に従い、上記算出したフィルタゲイン行列  $K_k^{(h)}$  と双曲線測位による目標位置ベクトル  $z_k^{(h)}$  を用いて、ST6で算出した状態ベクトル推定値ハット  $x_{k|k}^{(c)}$  を新たな推定値ハット  $x_{k|k}^{(h)}$  に更新する。さらに、ST14では、ST11で算出した  $C_k^{(ch)}$ 、ST12で算出したフィルタゲイン行列  $K_k^{(h)}$ 、ST6で算出したカルマンゲイン行列  $K_k^{(c)}$  を用いて、推定誤差共分散行列  $P_{k|k}^{(c)}$  を  $P_{k|k}^{(h)}$  に更新する。  $P_{k|k}^{(h)}$  は式(47)の状態ベクトル推定値ハット  $x_{k|k}^{(h)}$  の誤差共分散行列に相当する。

【0059】

【数15】

※最終的な状態ベクトル推定値ハット  $x_{k|k}$ 、および推定誤差共分散行列  $P_{k|k}$  として終了する。即ち、式(49)、(50)あるいは式(51)、(52)とする。

【0061】

【数16】

$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{k|k}^{(e)} \quad (49)$$

$$P_{k|k} = P_{k|k}^{(e)} \quad (50)$$

$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{k|k}^{(h)} \quad (51)$$

$$P_{k|k} = P_{k|k}^{(h)} \quad (52)$$

【0062】最後にST15では、追尾終了可否かを判断

し、追尾終了の場合には処理を終了し、追尾継続の場合

にはST2に戻り、以降、追尾終了まで、上記ST2～ST14の処理ステップを各サンプリングにおいて繰り返す。

【0063】ところで、上記処理手順では、まず円測位による結果で推定値の更新処理を行った後、次に楕円測位または双曲線測位の結果による更新処理を行ったが、逆に、まず楕円測位または双曲線測位を用い、次に円測位を使用することも可能である。この場合、楕円測位または双曲線測位の結果による更新処理でカルマンフィルタの更新アルゴリズムを用いた後、円測位の結果による更新処理において、先に楕円測位による結果を用いた場合にはカルマンフィルタの更新アルゴリズムを、また、先に双曲線測位による結果を用いた場合には上記式(46)～(48)の形式のアルゴリズムを使用すればよい。

【0064】以上のように、この発明の目標追尾方法の実施の形態1によれば、円測位と、楕円測位または双曲線測位の、両方の結果を用いて状態ベクトル推定値の更新を行うことによって、モノスタティック・レーダ局による観測情報とバイスタティック受信局による観測情報が共に推定値の中に取り込まれる結果となって、追尾精度の向上が可能である。特に、バイスタティック受信局の情報として双曲線測位による結果を使用する場合にも、式(46)～(48)のアルゴリズムを使用することにより、円測位結果の誤差と双曲線測位結果の誤差の相互相関による影響を考慮した最適な推定値が算出されるため、両局の情報の融合による精度向上効果を一層高めることができる。

#### 【0065】実施の形態2

図3はこの発明の目標追尾装置の実施の形態2を示す構成ブロック図である。この実施の形態2は、上記実施の形態1に示した目標追尾方法を実施する目標追尾装置の構成例を示すものである。図において、1は目標追尾処理装置、2は円測位を行うモノスタティック・レーダ局のデータ処理器、3は双曲線測位を行う第1のバイスタティックデータ処理器、4は楕円測位を行う第2のバイスタティックデータ処理器、5は選択器、6は表示器、7は観測誤差分散設定器である。これらの内、2,3,4,5,6は図6の従来の装置の各対応部位に相当する。

【0066】目標追尾装置1は、推定部8およびゲイン設定部9により構成される。さらに、推定部8は、目標の位置、速度の成分から構成される状態ベクトルの推定値を格納する推定値用メモリ10、1サンプリング後の状態ベクトルの値を予測する予測処理器11、予測位置と測位結果による目標位置の残差を算出する残差算出器12、現サンプリング時刻の状態ベクトルを推定する更新処理器13により構成される。

【0067】また、ゲイン設定部9は、状態ベクトル推定値の誤差共分散行列を格納する推定誤差共分散行列用メモリ14、状態ベクトル予測値の誤差共分散行列を算出する予測誤差共分散行列算出器15、測位誤差共分散行列算出器16、測位誤差相互相関行列算出器17、カルマンフ

ィルタのゲイン行列を算出する第1のゲイン行列算出器18、カルマンゲインを用いて更新を行った場合の推定値の誤差共分散行列を算出する第1の推定誤差共分散行列算出器19、カルマンフィルタとは異なる新たなフィルタのゲイン行列を算出する第2のゲイン行列算出器20、このフィルタゲインを用いて更新を行った場合の推定値の誤差共分散行列を算出する第2の推定誤差共分散行列算出器21により構成される。

【0068】次に図3を参照して、この発明の本実施の形態2の動作について説明する。図において、推定値用メモリ10に状態ベクトル推定値の初期値ハット $x_{010}$ を設定し、また推定誤差共分散行列用メモリ14に推定誤差共分散行列の初期値 $P_{010}$ を設定して追尾処理が開始される。サンプリング $k$ において、モノスタティック・レーダ局およびバイスタティック受信局により目標の新たな観測が為されると、まずモノスタティック・レーダ局のデータ処理器2において、円測位が行われ目標位置ベクトル $z_k^{(c)}$ が算出される。さらに、第1のバイスタティックデータ処理器3において、双曲線測位が行われて目標位置ベクトル $z_k^{(h)}$ が、また第2のバイスタティックデータ処理器4において、楕円測位が行われて目標位置ベクトル $z_k^{(e)}$ が算出される。2つのバイスタティックデータ処理器3,4による目標位置ベクトル $z_k^{(h)}$ 、 $z_k^{(e)}$ は、選択器5においていずれか一方が選択された後、データ処理器2からの目標位置ベクトル $z_k^{(c)}$ と共に、目標追尾装置1に入力される。

【0069】一方、観測誤差共分散設定器7では、このサンプリングにおける距離 $r$ 、 $\rho$ 、角度 $\phi_n$ 、 $\theta_n$ 、 $\phi_b$ 、 $\theta_b$ の観測誤差分散 $\sigma_r^2$ 、 $\sigma_\rho^2$ 、 $\sigma_{\phi_n}^2$ 、 $\sigma_{\theta_n}^2$ 、 $\sigma_{\phi_b}^2$ 、 $\sigma_{\theta_b}^2$ が設定され、目標追尾装置1に入力される。これらの観測誤差分散は、予め目標の存在領域に応じてデータベース化されたものを参照して設定することもできれば、また、各観測毎に入力信号の $S/N$ 比等から推定して設定することもできる。

【0070】上記データ群が入力されると、目標追尾装置1では、まず推定部8において、推定値用メモリ10より前サンプリング $k-1$ の状態ベクトル推定値ハット $x_{k-1|k-1}$ が読み出され、予測処理器11が、式(38)に従い状態ベクトル予測値を算出する。また、ゲイン設定部9において、推定誤差共分散行列用メモリ14より前サンプリング $k-1$ の推定誤差共分散行列 $P_{k-1|k-1}$ が読み出され、予測誤差共分散行列算出器15が式(39)に従い予測誤差共分散行列 $P_{k|k-1}$ を算出する。

【0071】次に、円測位の目標位置ベクトルを用いた状態ベクトル推定値の更新処理に進む。まず、測位誤差共分散行列算出器16において、式(26)に従って、円測位の目標位置ベクトルの誤差共分散行列 $S^{(c)}$ を算出する。次に第1のゲイン行列算出器18において、予測誤差共分散行列 $P_{k|k-1}$ と測位誤差の共分散行列 $S^{(c)}$ とを入力し、式(40)に従いゲイン行列 $K_k^{(c)}$ を算出して、更新処

理器13および第1の推定誤差共分散行列算出器19に送る。第1の推定誤差共分散行列算出器19では、式(42)に従い、更新後の推定誤差共分散行列  $P_{k|k}^{(e)}$  を算出しておく。

【0072】一方、残差算出器12では、予測処理器11による状態ベクトル予測値と円測位の目標位置ベクトル  $z_k^{(e)}$  を入力し、予測位置と測位結果の目標位置の差  $z_k^{(e)} - H \hat{x}_{k|k-1}$  (いわゆる残差) を算出して、更新処理器13に送る。更新処理器13は、ゲイン設定部9より送られてきたゲイン行列  $K_k^{(e)}$  を用い、式(41)に従って更新を行う。更新後の状態ベクトル推定値  $\hat{x}_{k|k}^{(e)}$  は再び残差算出器12に送出しておく。

【0073】次に、楕円測位または双曲線測位による目標位置ベクトルを用いた更新処理に移る。この処理では、選択器5において、楕円測位の結果が選択されたか、双曲線測位の結果が選択されたかによって、推定部8の動作は変わらないものの、ゲイン設定部9の動作が変更される。

【0074】まず、ゲイン設定部9の動作について説明する。ゲイン設定部9では選択器5より、楕円測位あるいは双曲線測位のいずれの結果が選択されたかの指令信号を受けることにより、以下のように動作が切り換わる。まず、楕円測位の結果が選択された場合は、以下のように動作する。測位誤差共分散行列算出器16において、式(27)に従って、楕円測位による目標位置ベクトル  $z_k^{(e)}$  の誤差共分散  $S^{(e)}$  が算出される。

【0075】次に、第1のゲイン行列算出器18において、第1の推定誤差共分散行列算出器19より、円測位結果による更新処理後の推定誤差共分散行列  $P_{k|k}^{(e)}$  を入力し、これと上記  $S^{(e)}$  を用い、式(43)に従ってゲイン行列  $K_k^{(e)}$  を算出する。このゲイン行列は推定部8の更新処理器13に送られる。また、第1の推定誤差共分散行列算出器19では、式(45)に従って楕円測位結果による更新処理後の推定誤差共分散行列  $P_{k|k}^{(e)}$  を算出し、これをこのサンプリングの最終的な推定誤差共分散行列  $P_{k|k}$  として、推定誤差共分散行列用メモリ14に書き込んで処理を終了する。

【0076】これに対し、選択器5において双曲線測位の結果が選択された場合は、以下のように動作する。まず、測位誤差共分散行列算出器16において、式(28)に従い、双曲線測位の目標位置ベクトルの誤差共分散行列  $S^{(h)}$  を算出すると共に、測位誤差相互相関行列算出器17において、式(30)に従い、双曲線測位の誤差と円測位の誤差の相互相関行列  $C^{(ch)}$  を算出する。

【0077】次に第2のゲイン行列算出器20において、第1のゲイン行列算出器18より円測位結果による更新処理で用いたゲイン行列  $K_k^{(e)}$  を入力し、第1の推定誤差共分散行列算出器19より、円測位結果による更新処理後の推定誤差共分散行列  $P_{k|k}^{(e)}$  を入力し、これらの値と上記  $S^{(h)}$ 、 $C^{(ch)}$  より、式(46)に従ってゲイン

行列  $K_k^{(h)}$  を算出する。このゲイン行列は推定部8の更新処理器13に送出する。

【0078】また、第2の推定誤差共分散行列算出器21では、上記  $S^{(h)}$ 、 $C^{(ch)}$  とゲイン行列  $K_k^{(e)}$ 、 $K_k^{(h)}$  および  $P_{k|k}^{(e)}$  を入力して、式(48)に従い、双曲線測位の結果による更新処理後の推定誤差共分散行列  $P_{k|k}^{(h)}$  を算出し、これをこのサンプリングの最終的な推定誤差共分散行列  $P_{k|k}$  として、推定誤差共分散行列用メモリ14に書き込んで処理を終了する。

【0079】次に、推定部8の動作について説明する。推定部8では、残差算出器12において、上記の円測位結果による更新処理後の状態ベクトル推定値  $\hat{x}_{k|k}^{(e)}$  が示す目標位置と、選択器5より送られてきた楕円測位の目標位置ベクトル  $z_k^{(e)}$  (または双曲線測位による目標位置ベクトル  $z_k^{(h)}$ ) との残差  $z_k^{(e)} - H \hat{x}_{k|k}^{(e)}$  (または  $z_k^{(h)} - H \hat{x}_{k|k}^{(e)}$ ) を算出し、更新処理器13に送る。更新処理器13では、ゲイン設定部9よりゲイン行列  $K_k^{(e)}$  (または  $K_k^{(h)}$ ) を入力し、式(44) (または式(47))に従って更新を行う。更新処理器13による更新後の状態ベクトル推定値  $\hat{x}_{k|k}^{(e)}$  (または  $\hat{x}_{k|k}^{(h)}$ ) は、このサンプリングにおける最終的な状態ベクトル推定値  $\hat{x}_{k|k}$  として推定値用メモリ10に書き込まれると共に、表示器6に送出されて運用者に示される。以上で、サンプリング  $k$  における動作が終了する。以降、追尾終了まで、各サンプリング毎に上記処理が繰り返し実行される。

【0080】以上のように、この発明の目標追尾装置の実施の形態2によれば、円測位と、楕円測位または双曲線測位の、両方の結果を用いて状態ベクトル推定値の更新を行うことによって、モノスタティック・レーダ局による観測情報とバイスタティック受信局による観測情報が共に推定値の中に取り込まれる結果となつて、追尾精度の向上が可能である。特に、バイスタティック受信局の情報として双曲線測位による結果を使用する場合にも、式(46)~(48)のアルゴリズムを使用することにより、円測位結果の誤差と双曲線測位結果の誤差の相互相関による影響を考慮した最適な推定値が算出されるため、両局の情報の融合による精度向上効果を一層高めることができる。

#### 【0081】実施の形態3

図4はこの発明の目標追尾方法の実施の形態3を説明するフローチャートである。図において、ST16はモノスタティック・レーダ局での円測位による目標位置ベクトルと、バイスタティック受信局での楕円測位および双曲線測位による目標位置ベクトルを入力するステップ、ST17は楕円測位の目標位置ベクトルを用いて更新処理を行った場合の推定誤差共分散行列を算出するステップ、ST18は楕円測位の目標位置ベクトルを用いて更新処理を行った場合の推定誤差共分散行列の評価値を算出するステッ



プ、ST19は双曲線測位の目標位置ベクトルを用いて更新処理を行った場合の推定誤差共分散行列の評価値を算出するステップ、ST20は上記二つの評価値の大小を判断するステップ、ST21は楕円測位の目標位置ベクトルを用いて状態ベクトル推定値を算出するステップである。また、図1の実施の形態1で説明したフローチャートと同一の処理ステップには、同一符号を付して説明を省く。

【0082】この発明の目標追尾方法の実施の形態3の処理手順を詳しく説明するのに先立ち、この実施の形態の背景理論を説明する。前記実施の形態1で説明したように、楕円測位の目標位置ベクトル $z_k^{(e)}$ を用いて更新処理を行う場合、式(43)～(45)の更新アルゴリズムが使用できる。ここで、式(45)による推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(e)}$ は、式(43)によるゲイン行列 $K_k^{(e)}$ を算出した後、実際に式(44)による状態ベクトル推定値の更新処理を行う以前に算出することが可能である。即ち $P_{k|k}^{(e)}$ は、式(44)により更新処理を行った場合の推定誤差に係わる見積もり値を示している。同様に、双曲線測位による目標位置ベクトル $z_k^{(h)}$ を用いて更新処理を行う場合の更新アルゴリズムは式(46)～(48)であるが、式(4\*

$$\beta^{(e)} = \det P_{k|k}^{(e)} \quad (53)$$

$$\beta^{(h)} = \det P_{k|k}^{(h)} \quad (54)$$

【0085】以上より、2つの評価値 $\beta^{(e)}$ 、 $\beta^{(h)}$ を式(49)、(50)により算出し、 $\beta^{(e)}$ が $\beta^{(h)}$ より小さい場合には、式(44)による楕円測位の目標位置ベクトル $z_k^{(e)}$ を用いた更新処理を実行し、逆に、 $\beta^{(h)}$ が $\beta^{(e)}$ より小さい場合には、式(47)による双曲線測位の目標位置ベクトル $z_k^{(h)}$ を用いた更新処理を実行すればよい。以上で、この実施の形態3の処理手順の背景理論の説明を終わる。

【0086】次に、図4を参照して、この発明の目標追尾方法の実施の形態3を示す処理手順を詳しく説明する。まず、ST1において、実施の形態1の場合と同様に、初期2回のサンプリングの目標位置ベクトルから、状態ベクトル推定値と推定誤差共分散行列の初期値を設定し、追尾処理を開始する。以降、3回目のサンプリングから、ST16以下の一連の処理ステップを各サンプリングにおいて実行する。各サンプリングでは、まず、ST16において、モノスタティック・レーダ局での、円測位による目標位置ベクトル $z_k^{(c)}$ と、パスタティック受信局での、楕円測位による目標位置ベクトル $z_k^{(e)}$ 、及び双曲線測位による目標位置ベクトル $z_k^{(h)}$ とを入力する。ここで、実施の形態1の場合と異なるのは、パスタティック受信局での測位結果として、楕円測位による目標位置ベクトルと、双曲線測位による目標位置ベクトルの双方を入力する点である。

【0087】次に、ST3、ST4、ST5、ST6までの処理手順

\*8)による推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(h)}$ は、式(46)によるゲイン行列 $K_k^{(h)}$ を算出した後、式(47)による状態ベクトル推定値の更新処理を行う以前に算出することができる。 $P_{k|k}^{(h)}$ は、式(44)による更新処理を行った場合の推定誤差に係わる見積もり値を示している。

【0083】上記のことから、事前に、式(45)、(48)の推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(e)}$ 、 $P_{k|k}^{(h)}$ を算出し、これらの値を比較することによって、楕円測位の目標位置ベクトルによる状態ベクトル推定値の更新(式(44))を実行するか、双曲線測位による目標位置ベクトルによる状態ベクトル推定値の更新(式(47))を実行するかを選択することが可能である。なお、2つの推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(e)}$ 、 $P_{k|k}^{(h)}$ の大小を比較するためには、これらの行列の大きさをスカラ値によって評価することが必要であるが、このような評価値として、例えば、以下の式に示す値が採用できる。ただし、 $\beta^{(e)}$ は楕円測位の場合の評価値、 $\beta^{(h)}$ は双曲線測位の場合の評価値であり、 $\det$ は行列の行列式をとることを表す。

【0084】

【数17】

は、実施の形態1の図1の場合と同様である。さらに、ST8では、前記式(27)により楕円測位の目標位置ベクトル $z_k^{(e)}$ の測位誤差共分散行列 $S_k^{(e)}$ を算出し、ST10では、前記式(28)により、双曲線測位の目標位置ベクトル $z_k^{(h)}$ の測位誤差共分散行列 $S_k^{(h)}$ を算出し、ST11では、前記式(30)により、円測位の目標位置ベクトル $z_k^{(c)}$ の誤差と双曲線測位の目標位置ベクトル $z_k^{(h)}$ の誤差との相互相関行列 $C_k^{(ch)}$ を算出する。

【0088】次にST17では、楕円測位による目標位置ベクトル $z_k^{(e)}$ を用いて、ST6で算出した状態ベクトル推定値ハット $x_{k|k}^{(e)}$ をさらに更新した場合の、推定誤差共分散行列のみを算出する。即ち、ST6で算出した推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(e)}$ とST8で算出した楕円測位の測位誤差共分散行列 $S_k^{(e)}$ を用いて、前記式(43)により、カルマンゲイン行列 $K_k^{(e)}$ を算出し、更に、式(45)に従い、推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(e)}$ を算出する。

【0089】次に、ST12とST14は、双曲線測位による目標位置ベクトル $z_k^{(h)}$ を用いて、ST6で算出した状態ベクトル推定値ハット $x_{k|k}^{(e)}$ を更新した場合の、推定誤差共分散行列を算出するための処理ステップである。即ち、ST12において、ST6で算出したカルマンゲイン行列 $K_k^{(e)}$ および推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(e)}$ 、ST10で算出した $z_k^{(h)}$ の誤差共分散行列 $S_k^{(h)}$ 、ST11で算出した $z_k^{(c)}$ と $z_k^{(h)}$ の相互相関行列 $C_k^{(ch)}$ を用い、式(46)に従い、フィルタゲイン行列 $K_k^{(h)}$ を算出し、更

に、ST14において、ST6で算出したカルマンゲイン行列 $K_k^{(c)}$ 、ST11で算出した $C_k^{(ch)}$ 、ST12で算出したフィルタゲイン行列 $K_k^{(h)}$ を用いて推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(h)}$ を算出する。なお、上記までの処理において、式(44)または式(47)による、状態ベクトル推定値自体の更新は、まだ行われていない。

【0090】次に、ST18では、式(53)に従い、楕円測位による目標位置ベクトルで状態ベクトル推定値を更新した場合の推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(e)}$ の評価値 $\beta^{(e)}$ を算出する。また、ST19で、双曲線測位による目標位置ベクトルで状態ベクトル推定値を更新した場合の推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(h)}$ の評価値 $\beta^{(h)}$ を算出する。

【0091】次に、ST20において、上記算出した二つの評価値 $\beta^{(e)}$ 、 $\beta^{(h)}$ の大小を判断し、 $\beta^{(e)}$ の方が小さい場合は、楕円測位による目標位置ベクトルで状態ベクトル推定値を更新するためのST21に進み、逆に $\beta^{(h)}$ の方が小さい場合には、双曲線測位による目標位置ベクトルで状態ベクトル推定値を更新するためのST13に進む。ST21では、式(44)により、楕円測位の目標位置ベクトル $z_k^{(e)}$ を用いて、ST6で算出した状態ベクトル推定値ハット $x_{k|k}^{(e)}$ を更新する。この際、ST17で算出したカルマンゲイン行列 $K_k^{(e)}$ を使用する。一方、ST13では、式(47)により、双曲線測位の目標位置ベクトル $z_k^{(h)}$ を用いて、ST6で算出した状態ベクトル推定値ハット $x_{k|k}^{(e)}$ を更新する。この際、ST12で算出したフィルタゲイン行列 $K_k^{(h)}$ を使用する。

【0092】以上で、サンプリング $k$ における更新処理が終了する。なお、ST20において、楕円測位の目標位置ベクトルを用いた更新処理(ST21)が選択された場合には、ST21の結果によるハット $x_{k|k}^{(e)}$ とST17の結果による $P_{k|k}^{(e)}$ を、このサンプリングにおける最終的な状態ベクトル推定値ハット $x_{k|k}$ 、および推定誤差共分散行列 $P_{k|k}$ とし、また、双曲線測位の目標位置ベクトルを用いた更新処理(ST13)が選択された場合には、ST13の結果によるハット $x_{k|k}^{(h)}$ とST14の結果による $P_{k|k}^{(h)}$ を、このサンプリングにおける最終的な状態ベクトル推定値ハット $x_{k|k}$ 、および推定誤差共分散行列 $P_{k|k}$ として、サンプリング $k$ における更新処理を終了する。最後にST15では、追尾終了か否かを判断し、追尾終了の場合には処理を終了し、追尾継続の場合にはST2に戻り、以降、追尾終了まで、上記一連の処理ステップを各サンプリングにおいて繰り返す。

【0093】以上のように、この発明の目標追尾方法の実施の形態3によれば、円測位の結果と楕円測位の結果を用いて状態ベクトルの更新を行った場合の推定誤差と、円測位の結果と双曲線測位の結果を用いて状態ベクトルの更新を行った場合の推定誤差の、それぞれの誤差を事前に評価し、推定誤差の小さい方を選択することにより、楕円測位または双曲線測位のいずれの結果を使用するかを決定することができる。このため、各サンプリ

ング毎に、上記2つのうちの、期待される追尾精度の高い方の測位結果が選択されて、結果的に、モノスタティック・レーダ局とバイスタティック受信局の観測情報の融合効果を、より一層高めることができる。

【0094】実施の形態4. 図5はこの発明の目標追尾装置の実施の形態4を示す構成ブロック図である。この実施の形態4は、上記実施の形態3に示した目標追尾方法を実施する目標追尾装置の構成例を示すものである。また、図5において、図3に示した実施の形態2では、外部の選択器5で楕円測位による目標位置ベクトルか、双曲線測位による目標位置ベクトルかを選択して入力するのに対して、目標追尾装置1の中に選択機能を有する選択部25を持たせた構成となっている。図において、選択部25は、第1の推定誤差評価器26、第2の推定誤差評価器27、比較器28、選択処理器29より構成され、他の部位は図3の装置の場合と同様の構成である。

【0095】図5を参照して、この目標追尾装置の実施の形態4の動作について説明する。図において、推定値用メモリ10に状態ベクトル推定値の初期値ハット $x_{0|0}$ を設定し、また推定誤差共分散行列用メモリ14に推定誤差共分散行列の初期値 $P_{0|0}$ を設定して追尾処理が開始される。サンプリング $k$ において、モノスタティック・レーダ局およびバイスタティック受信局により目標の新たな観測がなされると、データ処理器2により円測位による目標位置ベクトル $z_k^{(c)}$ が算出され、さらに、第1のバイスタティックデータ処理器3により、双曲線測位による目標位置ベクトル $z_k^{(h)}$ が算出され、また第2のバイスタティックデータ処理器4により、楕円測位による目標位置ベクトル $z_k^{(e)}$ が算出される。目標位置ベクトル $z_k^{(c)}$ 、 $z_k^{(h)}$ 、 $z_k^{(e)}$ は共に、目標追尾装置1に入力される。

【0096】また、観測誤差共分散設定器7では、このサンプリングにおける距離 $r$ 、 $\rho$ 、角度 $\phi_m$ 、 $\theta_m$ 、 $\phi_b$ 、 $\theta_b$ の観測誤差分散 $\sigma_r^2$ 、 $\sigma_\rho^2$ 、 $\sigma_{\phi_m}^2$ 、 $\sigma_{\theta_m}^2$ 、 $\sigma_{\phi_b}^2$ 、 $\sigma_{\theta_b}^2$ が設定され、目標追尾装置1に入力される。次に、目標追尾装置1は、式(38)、(39)の予測処理および式(40)～(42)の円測位の目標位置ベクトルによる更新処理を行うまでは、図3の実施の形態2の場合と同様に動作する。

【0097】即ち、予測処理器11が、推定値用メモリ10より前サンプリングの状態ベクトル推定値ハット $x_{k-1|k-1}$ を読み出し、状態ベクトル予測値ハット $x_{k|k-1}$ を算出する。また、予測誤差共分散行列算出器15が、推定誤差共分散行列用メモリ14より前サンプリングの推定誤差共分散行列 $P_{k-1|k-1}$ を読み出し、予測誤差共分散行列 $P_{k|k-1}$ を算出する。

【0098】次に、円測位の目標位置ベクトルを用いた状態ベクトル推定値の更新処理に進み、ゲイン設定部9では、測位誤差共分散行列算出器16が、円測位の目標位置ベクトルの誤差共分散行列 $S^{(c)}$ を算出し、次に第1

のゲイン行列算出器18が、式(40)のゲイン行列 $K_k^{(e)}$ を算出して、更新処理器13および第1の推定誤差共分散行列算出器19に送る。また、第1の推定誤差共分散行列算出器19が、更新後の推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(e)}$ を算出しておく。一方、推定部8では、残差算出器12が、状態ベクトル予測値による予測位置と円測位結果の目標位置との残差 $z_k^{(e)} - H$ ハット $x_{k|k-1}$ を算出し、更新処理器13において、ゲイン設定部9より入力したゲイン行列 $K_k^{(e)}$ を用いて、更新を行って、更新結果の状態ベクトル推定値ハット $x_{k|k}^{(e)}$ を得る。

【0099】この段階で、更新処理器13では円測位結果による更新処理後の状態ベクトル推定値ハット $x_{k|k}^{(e)}$ が、第1の推定誤差共分散行列算出器19ではハット $x_{k|k}^{(e)}$ の誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(e)}$ が得られている。また、第1のゲイン行列算出器18ではゲイン行列 $K_k^{(e)}$ が得られている。

【0100】次に、楕円測位または双曲線測位による目標位置ベクトルを用いた更新処理について、本実施の形態は以下のように動作する。まず、ゲイン設定部9の動作から説明する。前記実施の形態1のゲイン設定部が、楕円測位と双曲線測位のいずれの目標位置ベクトルが装置に入力されたかによって動作を切り換え、楕円測位結果用のゲイン行列 $K_k^{(e)}$ あるいは双曲線測位結果用のゲイン行列 $K_k^{(h)}$ の、いずれか一方を算出するよう動作したのに対し、本実施の形態のゲイン設定部9は、上記ゲイン行列の両方を算出する。

【0101】まず、円測位結果による更新処理で用いたゲイン行列 $K_k^{(e)}$ は、第1のゲイン行列算出器18から第2のゲイン行列算出器20に送出しておく。また、測位誤差共分散行列算出器16において、式(27)、(28)に従い、楕円測位による目標位置ベクトル $z_k^{(e)}$ の誤差共分散 $S^{(e)}$ と双曲線測位の目標位置ベクトルの誤差共分散行列 $S^{(h)}$ を算出し、さらに、測位誤差相互相関行列算出器17において、式(30)に従い、双曲線測位の誤差と円測位の誤差の相互相関行列 $C^{(eh)}$ を算出する。

【0102】次に、第1のゲイン行列算出器18において、第1の推定誤差共分散行列算出器19より、円測位結果による更新処理後の推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(e)}$ を入力し、これと上記 $S^{(e)}$ を用い、式(43)に従い、ゲイン行列 $K_k^{(e)}$ を算出する。このゲイン行列 $K_k^{(e)}$ は選択部25の選択処理器29に送る。また、第1の推定誤差共分散行列算出器19が、式(45)に従い、楕円測位結果による更新処理を行った場合の推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(e)}$ を算出する。この $P_{k|k}^{(e)}$ は選択部25の第1の推定誤差評価器26に送る。

【0103】さらに、第2のゲイン行列算出器20において、第1の推定誤差共分散行列算出器19より円測位結果による更新処理後の推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(e)}$ を入力し、これらの値と上記 $S^{(h)}$ 、 $C^{(eh)}$ 、および、予め第1のゲイン行列算出器18より入力しておいた

ゲイン行列 $K_k^{(e)}$ を用い、式(46)に従って、ゲイン行列 $K_k^{(h)}$ を算出する。このゲイン行列は選択部25の選択処理器29に送出する。また、第2の推定誤差共分散行列算出器21では、上記 $S^{(h)}$ 、 $C^{(eh)}$ とゲイン行列 $K_k^{(e)}$ 、 $K_k^{(h)}$ および $P_{k|k}^{(e)}$ を入力して、式(48)に従い、双曲線測位の結果による更新処理を行った場合の推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(h)}$ を算出する。この $P_{k|k}^{(h)}$ は選択部25の第2の推定誤差評価器27に送る。

10 【0104】次に選択部25に移り、第1の推定誤差評価器26が、式(53)に従い、楕円測位結果による更新処理を行った場合の推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(e)}$ の評価値 $\beta^{(e)}$ を算出し、また、第2の推定誤差評価器27が、式(54)に従い、双曲線測位の結果による更新処理を行った場合の推定誤差共分散行列 $P_{k|k}^{(h)}$ の評価値 $\beta^{(h)}$ を算出する。これらの評価値は比較器28に送られる。比較器28は、上記入力した2つの評価値のいずれが小さいかを判断して、比較結果の識別信号を選択処理器29に送る。選択処理器29は、上記識別信号に従い、楕円測位または双曲線測位のいずれかを選択して、目標位置ベクトル $z_k^{(h)}$ または $z_k^{(e)}$ のいずれか一方を残差算出器12に、また、ゲイン行列 $K_k^{(e)}$ または $K_k^{(h)}$ のいずれか一方を更新処理器13に送る。

【0105】最後に、推定部8が $z_k^{(h)}$ または $z_k^{(e)}$ を用いた状態ベクトル推定値の更新を行う。この際の推定部8の動作は、図3の実施の形態1の場合と同様である。即ち、残差算出器12が、円測位結果による更新処理後の状態ベクトル推定値ハット $x_{k|k}^{(e)}$ の目標位置と、選択処理器29より送られてきた目標位置ベクトル $z_k^{(h)}$ （または $z_k^{(e)}$ ）との残差 $z_k^{(e)} - H$ ハット $x_{k|k}^{(e)}$ （または $z_k^{(h)} - H$ ハット $x_{k|k}^{(e)}$ ）を算出し、更新処理器13に送る。更新処理器13は、選択処理器29より送られてきたゲイン行列 $K_k^{(e)}$ （または $K_k^{(h)}$ ）を入力し、式(44)（または式(47)）に従って更新を行う。

【0106】更新処理器13による更新後の状態ベクトル推定値ハット $x_{k|k}^{(e)}$ （またはハット $x_{k|k}^{(h)}$ ）は、このサンプリングにおける最終的な状態ベクトル推定値ハット $x_{k|k}$ として推定値用メモリ10に書き込まれると共に、表示器6に送出されて運用者に示される。以上が、サンプリングkにおける動作である。以降、追尾処理まで、各サンプリングにおいて上記一連の動作が繰り返される。

【0107】以上のように、この発明の目標追尾装置の実施の形態4によれば、円測位の結果と楕円測位の結果を用いて状態ベクトルの更新を行った場合の推定誤差と、円測位の結果と双曲線測位の結果を用いて状態ベクトルの更新を行った場合の推定誤差の、それぞれの誤差を事前に評価し、推定誤差の小さい方を選択することにより、楕円測位または双曲線測位のいずれの結果を使用

するかを決定することができる。このため、各サンプリング毎に、上記楕円測位または双曲線測位のうちの、期待される追尾精度の高い方の測位結果が選択されて、結果的に、モノスタティック・レーダ局とバイスタティック受信局の観測情報の融合効果を、より一層高めることができる。

#### 【0108】

【発明の効果】以上のように、請求項1の発明によれば、モノスタティック・レーダ局とバイスタティック受信局からの測位情報を融合しながら目標追尾処理を行うのに、バイスタティック受信局からの測位情報として、双曲線による測位情報を使用する場合に、この測位情報とモノスタティック・レーダ局からの測位情報との誤差の相関を考慮して、目標位置、速度の最適な推定値を算出することができるフィルタアルゴリズムにより、追尾精度を向上した目標追尾方法を得ることが出来る。

【0109】また、請求項2の発明によれば、モノスタティック・レーダ局とバイスタティック受信局からの測位情報を融合しながら目標追尾処理を行うのに、バイスタティック受信局からの測位情報として、双曲線による測位情報を使用する場合に、この測位情報とモノスタティック・レーダ局からの測位情報との誤差の相関を考慮して、目標位置、速度の最適な推定値を算出することができるフィルタアルゴリズムを備え、追尾精度を向上した目標追尾装置を得ることが出来る。

【0110】また、請求項3の発明によれば、モノスタティック・レーダ局とバイスタティック受信局からの測位情報を融合しながら目標追尾処理を行うのに、バイスタティック受信局での測位情報として、双曲線による測位と楕円による測位のいずれか条件の良い方の測位情報を選択するため、上記の両測位情報を使用して追尾処理を行った場合に期待される追尾精度を観測条件に応じて評価して選択を行う、追尾精度を向上した目標追尾方法を得ることが出来る。

【0111】また、請求項4の発明によれば、モノスタティック・レーダ局からの測位情報とバイスタティック受信局からの測位情報を融合しながら目標追尾処理を行うのに、バイスタティック受信局での測位情報として、双曲線による測位と楕円による測位のいずれか条件の良

い方の測位情報を選択するため、上記の両測位情報を使用して追尾処理を行った場合に期待される追尾精度を観測条件に応じて評価して上記選択を行う手段を備え、追尾精度を向上した目標追尾装置を得ることが出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の目標追尾方法の実施の形態1を説明するフローチャートである。

【図2】 この発明の実施の形態に共通のモノスタティック・レーダ局、バイスタティック受信局による目標測位とその座標系を説明する図である。

【図3】 この発明の目標追尾装置の実施の形態2を示す構成ブロック図である。

【図4】 この発明の目標追尾方法の実施の形態3を説明するフローチャートである。

【図5】 この発明の目標追尾装置の実施の形態4を示す構成ブロック図である。

【図6】 従来の装置を示す構成ブロック図である。

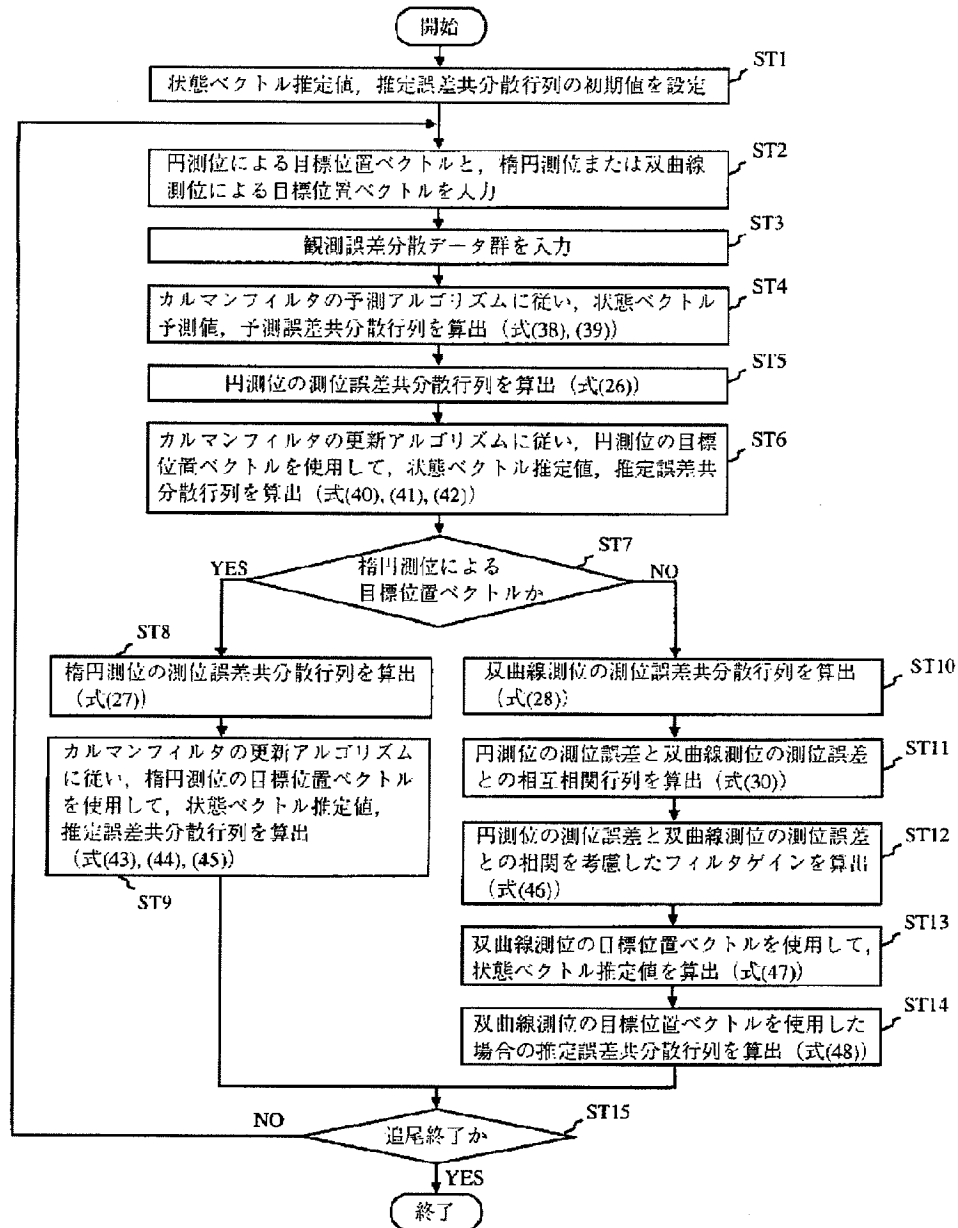
【図7】 従来の装置、およびこの発明の目標追尾装置の目標測位の動作原理を説明するための図である。(モノスタティック受信波とバイスタティック受信波の到来時間差による目標測位の場合)

【図8】 従来の装置、およびこの発明の目標追尾装置の目標測位の動作原理を説明するための図である。(モノスタティック送信波とバイスタティック受信波の時間差による目標測位の場合)

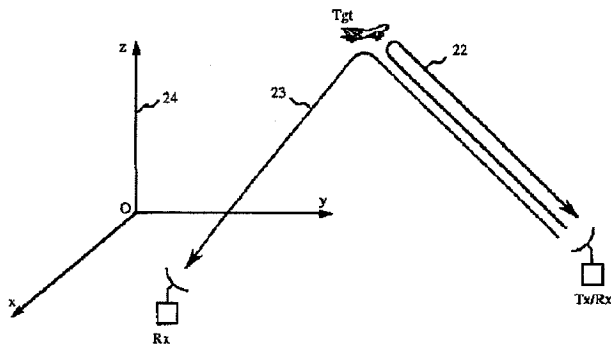
#### 【符号の説明】

1 目標追尾装置、2 データ処理器、3 バイスタティックデータ処理器、4 バイスタティックデータ処理器、5 選択器、6 表示器、7 観測誤差分散設定器、8 推定部、9 ゲイン設定部、10 推定値用メモリ、11 予測処理器、12 残差算出器、13 更新処理器、14 推定誤差共分散行列用メモリ、15 予測誤差共分散行列算出器、16 測位誤差共分散行列算出器、17 測位誤差相互相関行列算出器、18 第1のゲイン行列算出器、19 第1の推定誤差共分散行列算出器、20 第2のゲイン行列算出器、21 第2の推定誤差共分散行列算出器、25 選択部、26 第1の推定誤差評価器、27 第2の推定誤差評価器、28 比較器、29 選択処理器。

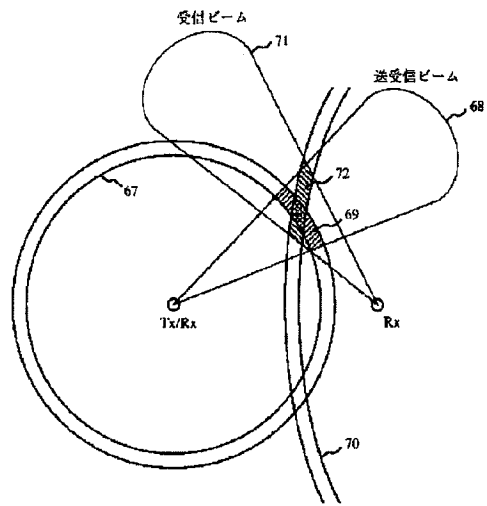
【図1】



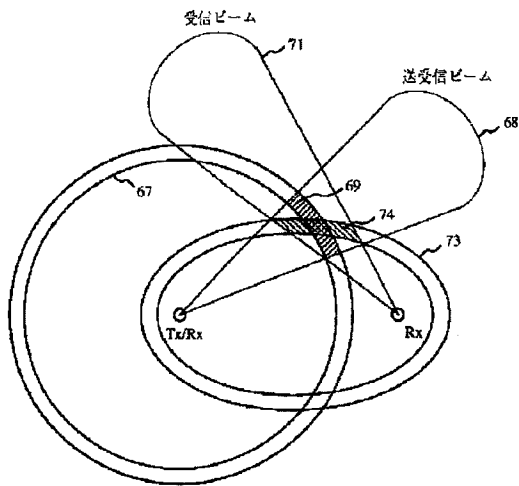
【図2】



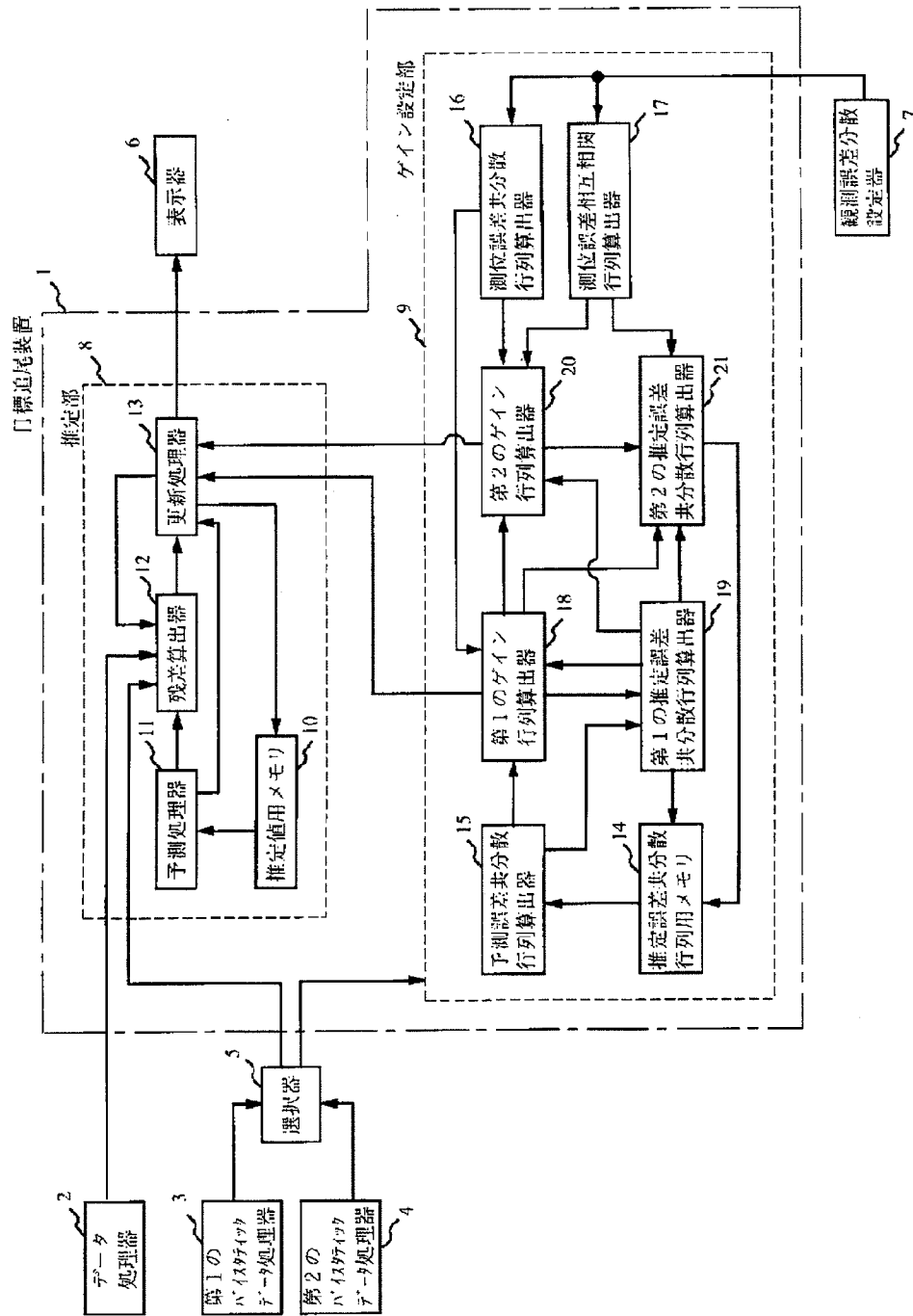
【図7】



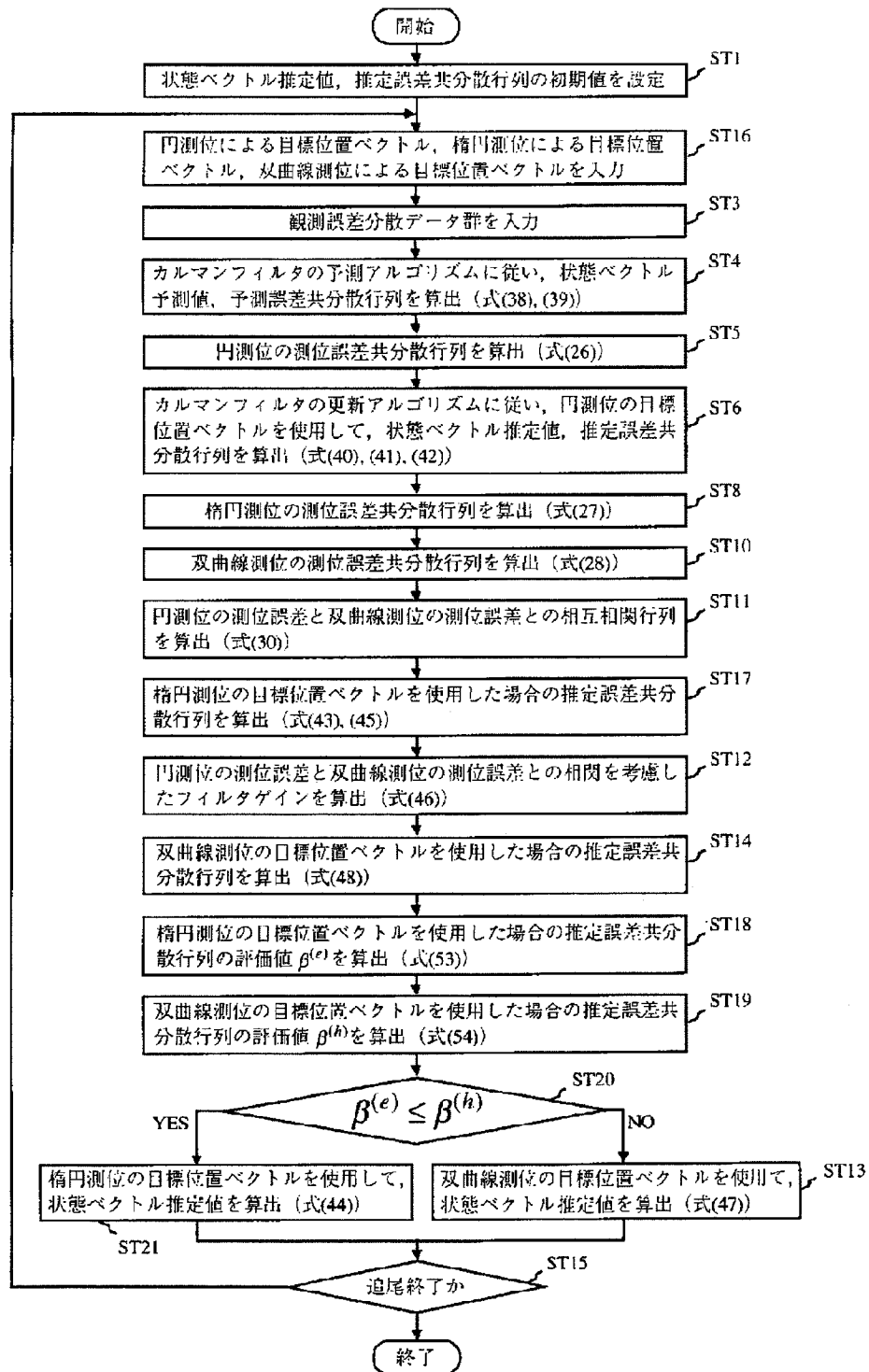
【図8】



【図3】

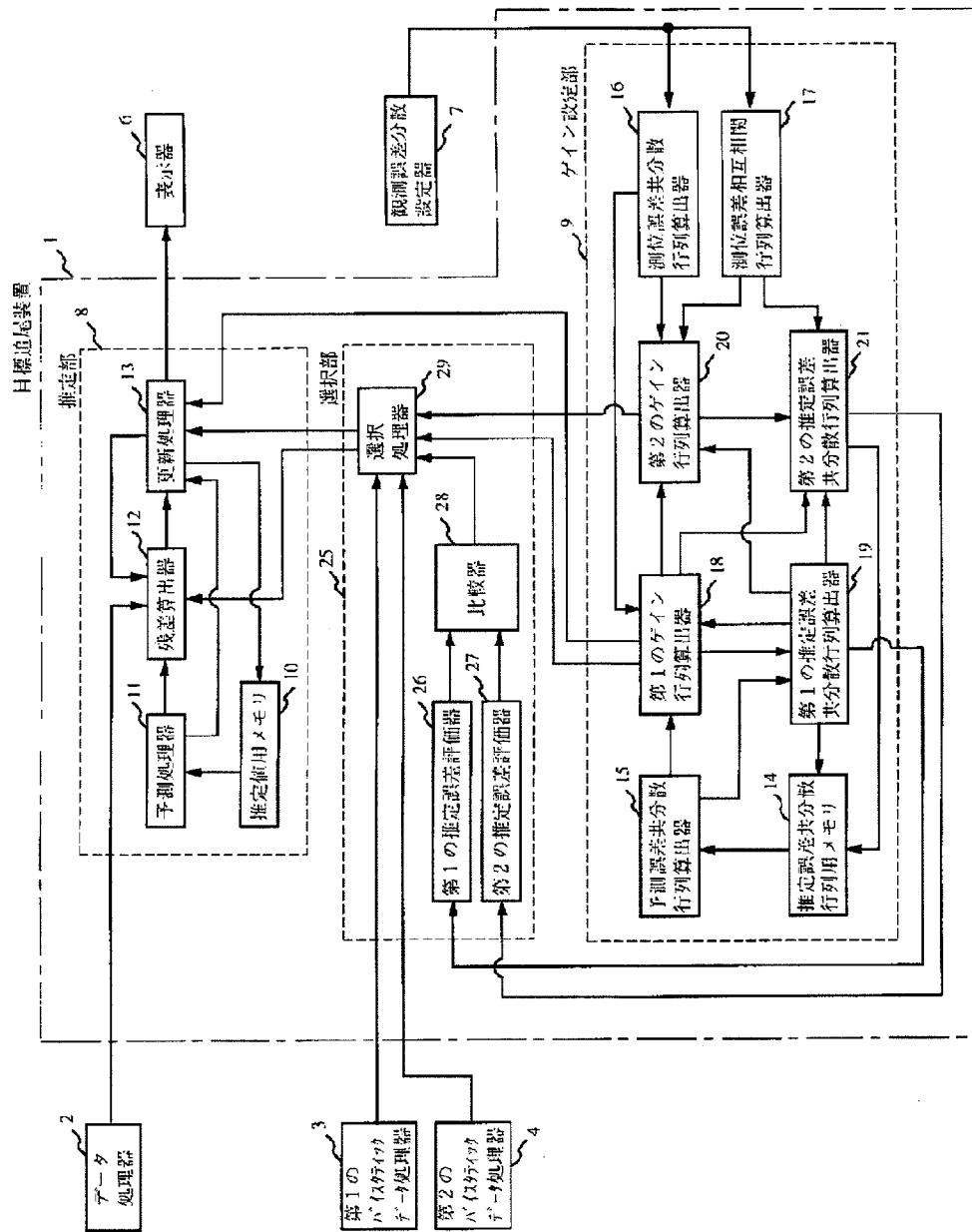


【図4】

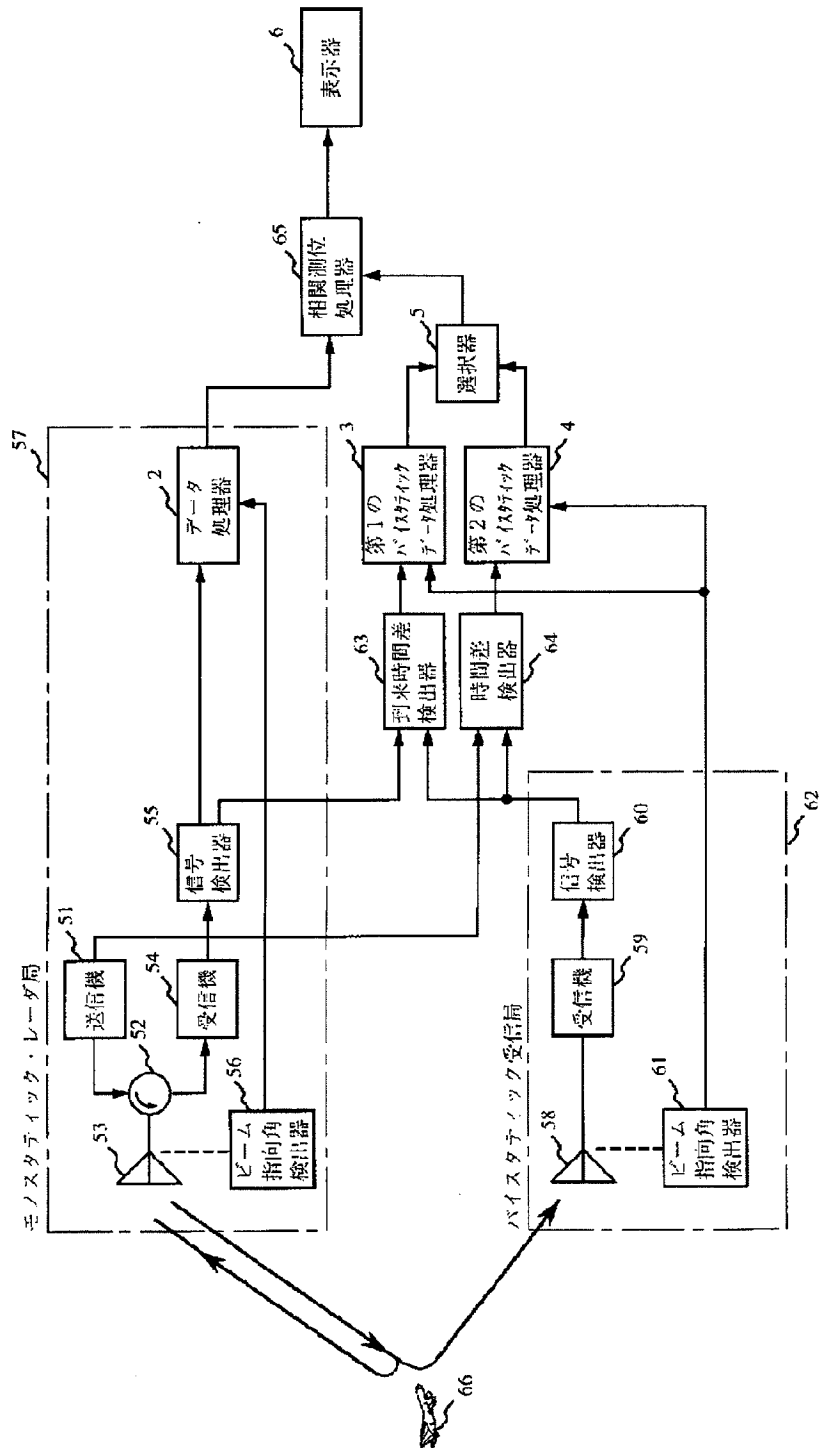




【図5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 小菅 義夫  
東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三  
菱電機株式会社内

F ターム(参考) 5J062 AA01 AA09 BB01 BB02 BB03  
CC12 GG01 GG02 HH01  
5J070 AC01 AC02 AC06 AC11 AD01  
AD06 AE01 AE02 AE04 AG03  
AH04 AH19 AK21 AK22 BB04  
BB06 BG01